

**PENGARUH LAJU ALIRAN *CUTTING FLUID* (MINYAK KELAPA)
TERHADAP BENTUK *CHIP* DAN KEKASARAN PERMUKAAN
PADA PROSES *TURNING* MENGGUNAKAN METODE *MINIMUM
QUANTITY OF DROP LUBRICATION***

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



ZELVIO AFIANDA ISHAM

NIM 145060201111054

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang sudah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, diantaranya:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Khairul Anam, ST., M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang sudah banyak memberikan banyak ilmu, arahan, dan masukan selama penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan, saran, dan ilmu selama penulisan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT. Met., selaku dosen penguji skripsi.
6. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT., selaku dosen penguji skripsi.
7. Ibu Nafisah Arina Hidayati, ST., M.Eng., selaku dosen penguji skripsi.
8. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Faizal Hadi Prabowo, Moh. Wahyudi, dan Rahmat Maulana yang sudah berjuang hingga akhir.
9. Teman-teman Keluarga Besar Mahasiswa Mesin yang sudah memberikan banyak pengalaman dan kenangan selama ini khususnya angkatan 2014.
10. Seluruh elemen Laboratorium Proses Manufaktur I, Laboratorium Metrologi Industri, dan Laboratorium Sentral Mesin yang sudah banyak membantu dalam penelitian.
11. Kedua orang tua tercinta, bapak M. Ischak dan Ibu Niken Sri Lestari yang sudah memberikan motivasi, doa, materiel, dan kepercayaan kepada penulis.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi pembaca dan bisa digunakan untuk menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Penulis juga terbuka dalam menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak guna menjadi pribadi dan penulis yang lebih baik.

Malang, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 <i>Turning</i> (Mesin Bubut)	6
2.2.1 Proses Pemotonga pada <i>Turning</i>	6
2.2.2 Prinsip Kerja <i>Turning</i>	7
2.2.3 Fungsi <i>Turning</i>	7
2.2.4 Parameter Proses Pemotongan pada <i>Turning</i>	8
2.3 <i>Cutting Fluid</i>	10
2.3.1 Pengertian dan Kegunaan <i>Cutting Fluid</i>	10
2.3.2 Jenis <i>Cutting Fluid</i>	10
2.3.3 Minyak Kelapa	11
2.3.4 Metode Pemakaian <i>Cutting Fluid</i>	13
2.4 Laju Aliran <i>Cutting Fluid</i>	15
2.5 <i>Chip</i>	16
2.5.1 Mekanisme Proses Pembentukan <i>Chip</i>	16
2.5.2 Komponen Gaya Pembentukan <i>Chip</i>	16
2.5.3 Bentuk <i>Chip</i>	18
2.6 Kekasaran Permukaan	20
2.7 Aluminium 6061	22

2.8 Pahat Karbida	23
2.9 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	25
2.9.1 Pengertian SEM.....	25
2.9.2 Fungsi SEM	25
2.9.3 Prinsip Kerja SEM.....	25
2.10 Hipotesis	26
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3 Variabel Penelitian	27
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	28
3.4.1 Alat Penelitian.....	28
3.4.2 Bahan Penelitian.....	31
3.5 Dimensi Benda Kerja	32
3.6 Skema Penelitian	33
3.7 Prosedur Penelitian.....	33
3.8 Diagram Alir Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Aluminium 6061	37
4.2 Analisis Grafik dan Pembahasan	37
4.2.1 Grafik Hubungan Laju Aliran <i>Cutting Fluid</i> (Minyak Kelapa) terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium 6061	37
4.3 Bentuk <i>Chip</i> dan Keausan Pahat.....	39
4.3.1 Bentuk <i>Chip</i>	39
4.3.2 Keausan Pahat.....	40
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Termal dari Beberapa Jenis Minyak Nabati.....	11
Tabel 2.2	Viskositas dari Beberapa Jenis Minyak Nabati	11
Tabel 2.3	Karakteristik Fisik dan Kimia dari Minyak Kelapa.....	13
Tabel 2.4	Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata Ra	21
Tabel 2.5	Tingkat Kekasaran Rata-Rata Permukaan Menurut Proses Pengerjaannya	22
Tabel 2.6	Sifat Mekanik Paduan Aluminium 6061	23
Tabel 2.7	Sifat Fisik Paduan Aluminium 6061	23
Tabel 3.1	Komposisi Pahat Karbida.....	29
Tabel 3.2	<i>Material Mechanical Properties</i> dari Pahat Karbida	29
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Aluminium 6061	37
Tabel 4.2	Bentuk <i>Chip</i>	39
Tabel 4.3	Pahat Sebelum Pengujian	40
Tabel 4.4	Pahat Setelah Pengujian dengan Menggunakan Laju Aliran <i>Cutting Fluid</i>	41
Tabel 4.5	Volume Pahat.....	42

DAFTAR GAMBAR

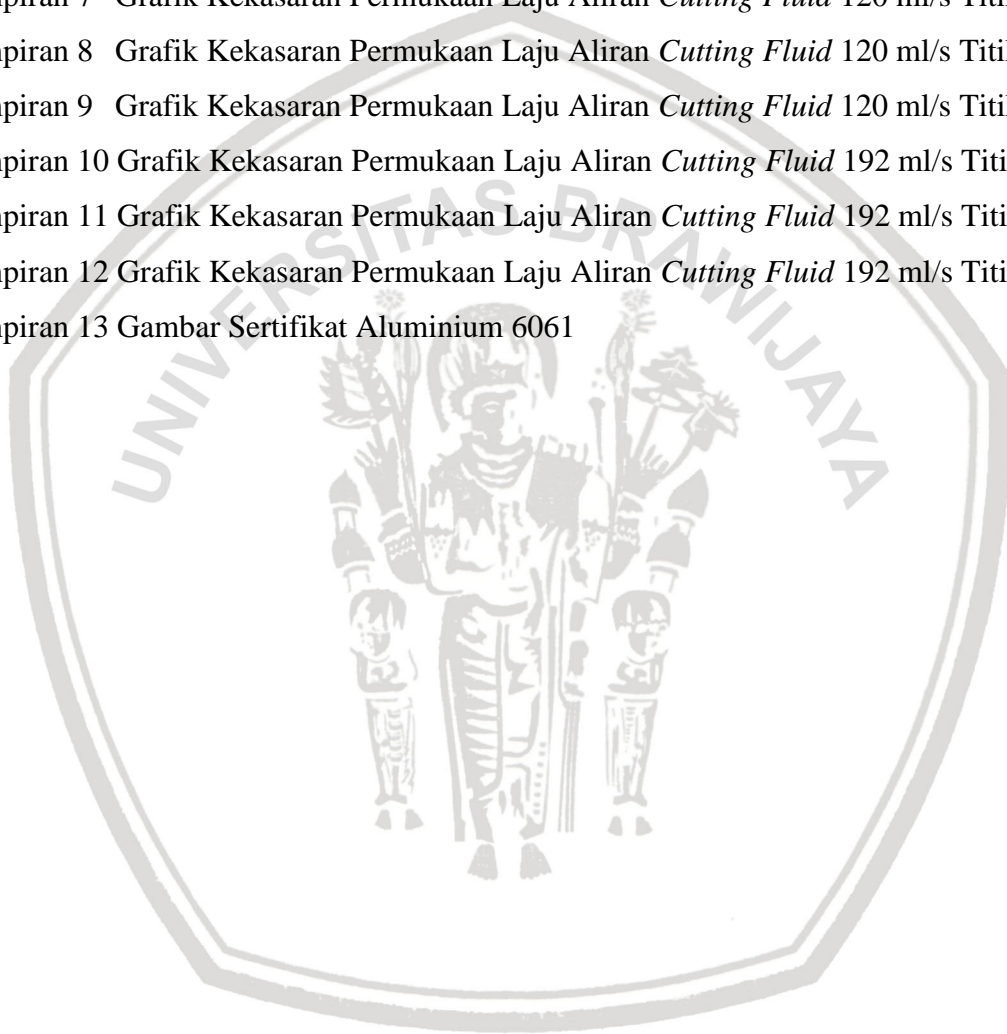
Gambar 2.1	Mesin bubut standar.....	6
Gambar 2.2	Proses <i>turning</i>	7
Gambar 2.3	Poros bertingkat.....	8
Gambar 2.4	Poros tirus.....	8
Gambar 2.5	Poros berulir.....	8
Gambar 2.6	Parameter pada proses <i>turning</i>	8
Gambar 2.7	Tanaman kelapa.....	12
Gambar 2.8	<i>Virgin Coconut Oil</i> (VCO).....	12
Gambar 2.9	<i>Cutting fluid</i> dengan metode disemprotkan.....	13
Gambar 2.10	<i>Cutting fluid</i> dengan metode disiramkan.....	14
Gambar 2.11	<i>Cutting fluid</i> dengan metode dikabutkan.....	14
Gambar 2.12	Skema teknik tetesan.....	15
Gambar 2.13	Teori yang menerangkan terjadinya <i>chip</i>	16
Gambar 2.14	Lingkaran gaya pemotongan.....	17
Gambar 2.15	<i>Chip built up edge</i>	19
Gambar 2.16	<i>Chip</i> kontinyu.....	19
Gambar 2.17	<i>Chip</i> tak kontinyu.....	20
Gambar 2.18	Profil kekasaran pada permukaan.....	20
Gambar 2.19	Menentukan kekasaran rata-rata (R_a).....	22
Gambar 2.20	<i>Electron gun</i>	26
Gambar 3.1	<i>Turning</i>	28
Gambar 3.2	Pahat karbida.....	29
Gambar 3.3	<i>Surface Roughness Tester</i>	29
Gambar 3.4	Timbangan elektrik.....	30
Gambar 3.5	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	31
Gambar 3.6	Aluminium 6061.....	31
Gambar 3.7	Minyak kelapa.....	32
Gambar 3.8	Dimensi benda kerja aluminium 6061.....	32
Gambar 3.9	Skema penelitian.....	33
Gambar 3.10	Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 4.1	Grafik hubungan laju aliran <i>cutting fluid</i> (minyak kelapa) terhadap kekasaran permukaan rata-rata aluminium 6061.....	37

Gambar 4.2	Kekasaran permukaan	38
------------	---------------------------	----



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 0 ml/s Titik ke-1
- Lampiran 2 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 0 ml/s Titik ke-2
- Lampiran 3 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 0 ml/s Titik ke-3
- Lampiran 4 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 60 ml/s Titik ke-1
- Lampiran 5 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 60 ml/s Titik ke-2
- Lampiran 6 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 60 ml/s Titik ke-3
- Lampiran 7 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 120 ml/s Titik ke-1
- Lampiran 8 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 120 ml/s Titik ke-2
- Lampiran 9 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 120 ml/s Titik ke-3
- Lampiran 10 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 192 ml/s Titik ke-1
- Lampiran 11 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 192 ml/s Titik ke-2
- Lampiran 12 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 192 ml/s Titik ke-3
- Lampiran 13 Gambar Sertifikat Aluminium 6061



RINGKASAN

Zelvio Afianda Isham, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Pengaruh Laju Aliran Cutting Fluid (Minyak Kelapa) Terhadap Bentuk Chip dan Kekasaran Permukaan pada Proses Turning Menggunakan Metode Minimum Quantity of Drop Lubrication*, Dosen Pembimbing: Khairul Anam dan Putu Hadi Setyarini.

Metode pemakaian *cutting fluid* banyak dikembangkan pada proses pemesinan dengan tujuan supaya lebih hemat dalam penggunaan dan lebih praktis cara kerjanya. Salah satunya metode yang dapat digunakan adalah *Minimum Quantity of Drop Lubrication*. *Minimum Quantity of Drop Lubrication* merupakan metode pemakaian *cutting fluid* yang cara kerjanya memanfaatkan gaya gravitasi sehingga *cutting fluid* akan bekerja secara tetes ke kontak antara pahat dan benda kerja. *Cutting fluid* sendiri terdiri dari *straight oil*, *synthetic oil*, dan *bio cutting fluid*. *Bio cutting fluid* yang dapat digunakan pada proses *Minimum Quantity of Drop Lubrication* antara lain minyak kelapa, minyak jarak, minyak bunga matahari, minyak biji karet, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini dilakukan investigasi mengenai pengaruh variasi laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa terhadap bentuk *chip* dan kekasaran permukaan dari aluminium 6061 pada proses *turning* dengan menggunakan metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication*.

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental untuk mengetahui bentuk *chip* dan kekasaran permukaan pada aluminium 6061 melalui proses *turning*. Variasi laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa yang digunakan adalah 0 ml/s, 60 ml/s, 120 ml/s, dan 192 ml/s. Dan untuk kecepatan spindel yang digunakan 330 rpm, *depth of cut* 0,5, dan *feed rate* 0,231 mm/rev. Variasi laju aliran *cutting fluid* dengan memakai minyak kelapa inilah yang nantinya akan diperoleh bentuk *chip* dan kekasaran permukaan pada aluminium 6061. Pengujian kekasaran permukaan pada aluminium 6061 dilakukan dengan menggunakan alat *surface roughness tester*. Sedangkan panjang *chip* diukur menggunakan penggaris dan permukaan pahat diteliti dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Hasil yang diperoleh pada kekasaran rata-rata tertinggi yaitu pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 0 ml/s sebesar 2 μm , dan kekasaran rata-rata terendah pada laju aliran 192 ml/s sebesar 1,562 μm . Sedangkan pada bentuk *chip* yang terpanjang didapat pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 192 ml/s dengan bentuk *chip* kontinu dan panjang 65 cm, *chip* terpendek didapat pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 0 ml/s dengan bentuk *chip* kontinu dan panjang 17 cm. Kemudian pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 0 ml/s pahat mengalami keausan dan keretakan, sedangkan pada laju aliran 192 ml/s pahat hanya mengalami sedikit keausan. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa dengan menggunakan metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication* pada proses *turning* dapat mempengaruhi bentuk *chip* dan kekasaran permukaan. Semakin tinggi laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa maka *chip* yang terbentuk semakin panjang dan kekasaran permukaan semakin menurun. Hal tersebut berhubungan juga dengan geometri pahat, dimana semakin tinggi laju aliran *cutting fluid* maka keausan pahat akan semakin berkurang.

Kata Kunci: Bentuk *Chip*, Laju Aliran, *Minimum Quantity of Drop Lubrication*, Minyak Kelapa, Kekasaran Permukaan

SUMMARY

Zelvio Afianda Isham, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, December 2018, *The Flow Rate Influence of Cutting Fluid (Coconut Oil) in Turning Process Using Minimum Quantity of Drop Lubrication Method to Chip Configuration and Surface Roughness*, Academic Supervisor: Khairul Anam and Putu Hadi Setyarini.

Many methods of using cutting fluid are being developed in the machining process with the aim of being more efficient in use and more practical. One method that can be used is the Minimum Quantity of Drop Lubrication. Minimum Quantity of Drop Lubrication is a method of using cutting fluid which works using gravity so that the cutting fluid will drops to the contact between the tool and the workpiece. The cutting fluid itself consists of straight oil, synthetic oil, and bio cutting fluid. Bio cutting fluid that can be used in the Minimum Quantity of Drop Lubrication process includes coconut oil, castor oil, sunflower oil, rubber seed oil, and others. This study investigate the effect of flow rates of coconut oil cutting fluid variations on chip configuration and surface roughness of aluminum 6061 in the turning process using the Minimum Quantity of Drop Lubrication method.

The research method used is an experimental method to determine the chip configuration and surface roughness on aluminum 6061 using turning process. The coconut oil's flow rate variations used are 0 ml/s, 60 ml/s, 120 ml/s, and 192 ml/s. And for the spindle speed used are 330 rpm, depth of cut 0.5, and feed rate 0,232 mm/rev. This variation will later obtaining chip configuration and surface roughness on aluminum 6061. Testing of surface roughness on aluminum 6061 is carried out using surface roughness tester. While the length of the chip is measured using a ruler and tool surface examined by Scanning Electron Microscopy (SEM).

The results obtained at the highest average roughness were at the flow rate of 0 ml/s with 2 μm , and the lowest average roughness at a flow rate of 192 ml/s with 1.562 μm . Whereas the longest chip configuration is obtained at the flow rate 192 ml/s in the configuration of a continuous chip and 65 cm long, the shortest chip at the flow rate of 0 ml/s with a continuous chip configuration and 17 cm long. Then at the flow rate of 0 ml/s the tool undergoes wear and cracks, while at a flow rate of 192 ml/s the tool only experiences little wear. This shows that the variation in the flow rate of coconut oil cutting fluid using the Minimum Quantity of Drop Lubrication method in the turning process can affect chip configuration and surface roughness. The higher the flow rate of coconut oil cutting fluid, the longer the chip is formed and the surface roughness decreases. This also relates to tool geometry, where the higher the cutting fluid flow rate, the less wear of the tool.

Keywords: Chip Configuration, Coconut Oil, Flow Rate, Minimum Quantity of Drop Lubrication, Surface Roughness

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH LAJU ALIRAN *CUTTING FLUID*
(MINYAK KELAPA) TERHADAP BENTUK *CHIP* DAN
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES *TURNING*
MENGGUNAKAN METODE *MINIMUM QUANTITY OF DROP*
LUBRICATION

SKRIPSI
TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ZELVIO AFIANDA ISHAM
NIM. 145060201111054

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 27 Desember 2018

Dosen Pembimbing I


Khairul Anam, ST., M.Sc.
NIP. 2013108611271001

Dosen Pembimbing II


Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT.
NIP. 19770806 200312 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1


Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 27 Desember 2018

Mahasiswa



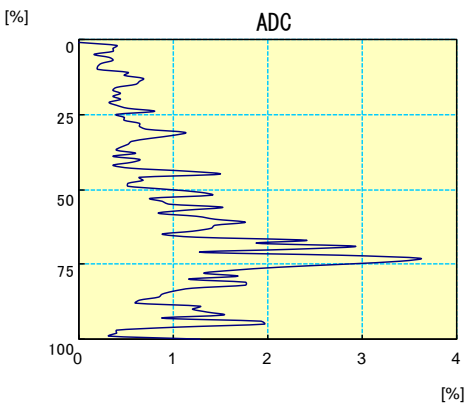
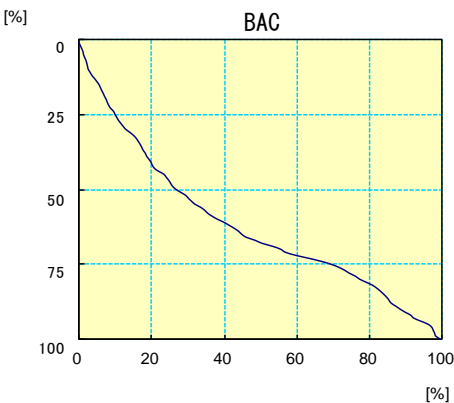
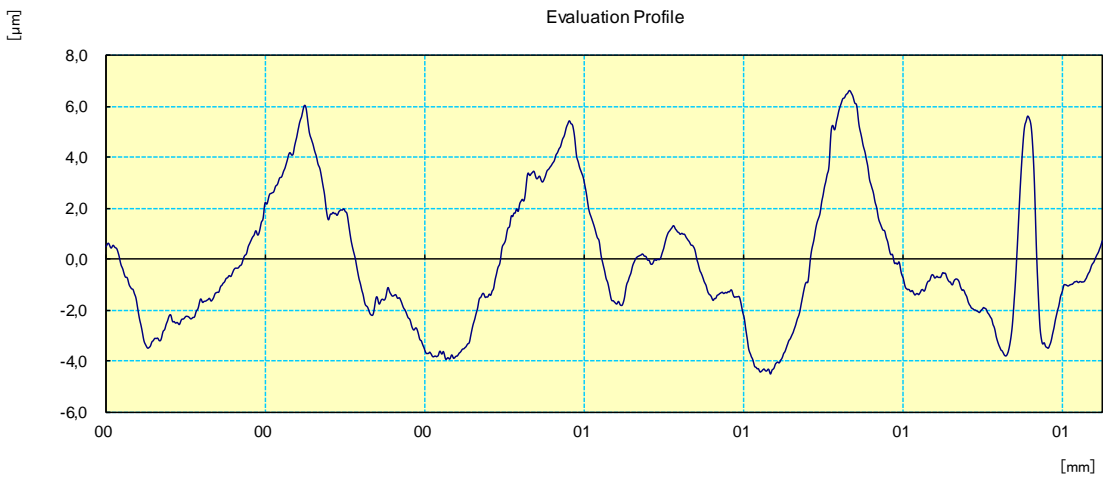
Zelvio Afianda Isham
NIM. 145060201111054

Lampiran 1 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 0 ml/s Titik ke-1



21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5 μm	Filter	GAUSS
Ra	2.182 μm		
Rq	2.619 μm		
Rz	9.459 μm		

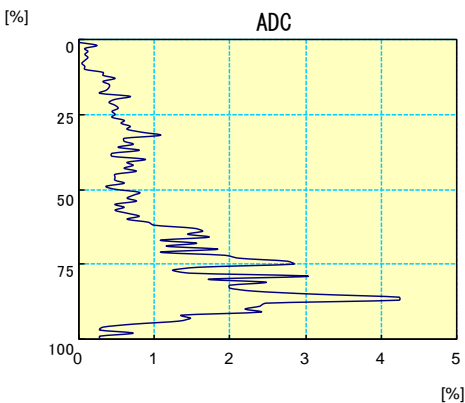
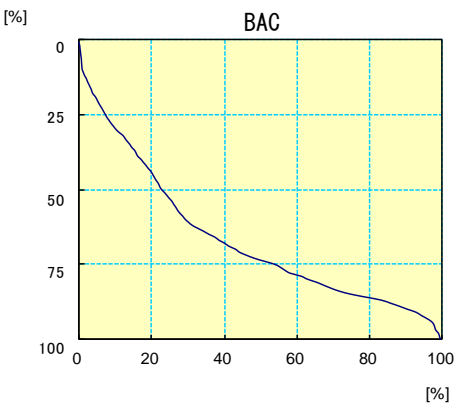
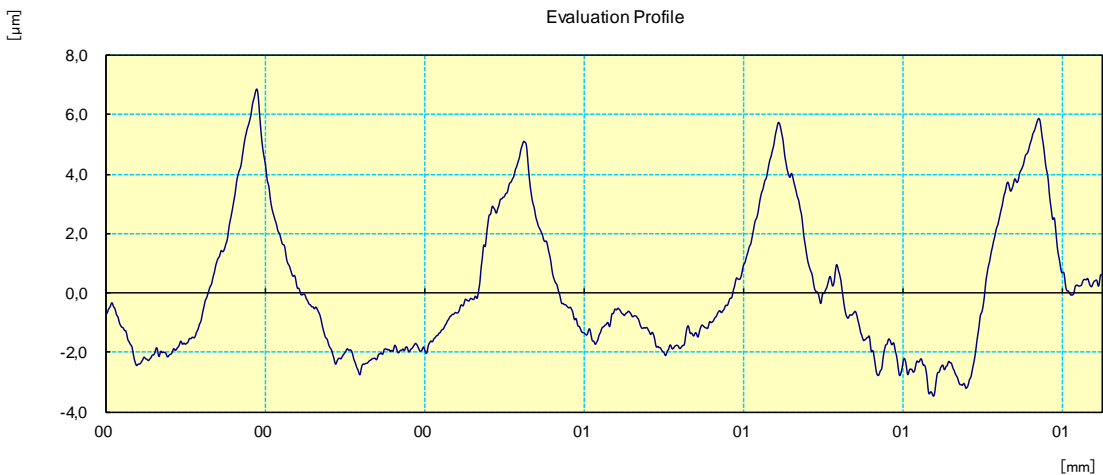
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 2 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 0 ml/s Titik ke-2



21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λs	2.5μm	Filter	GAUSS
Ra	1.915 μm		
Rq	2.332 μm		
Rz	8.071 μm		

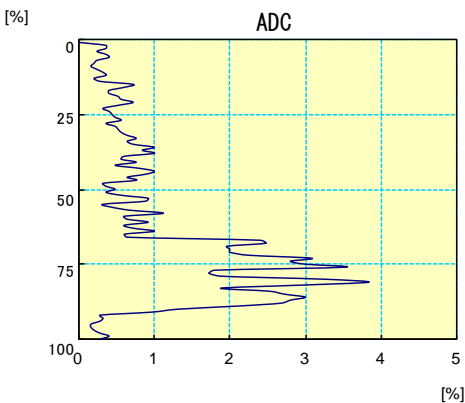
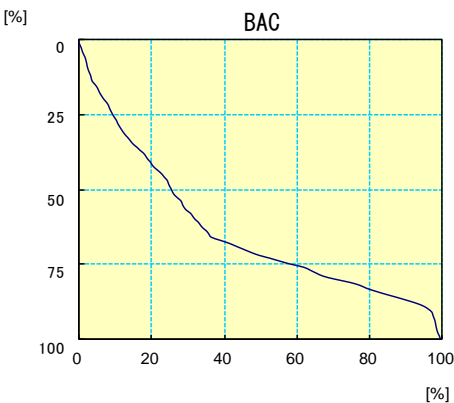
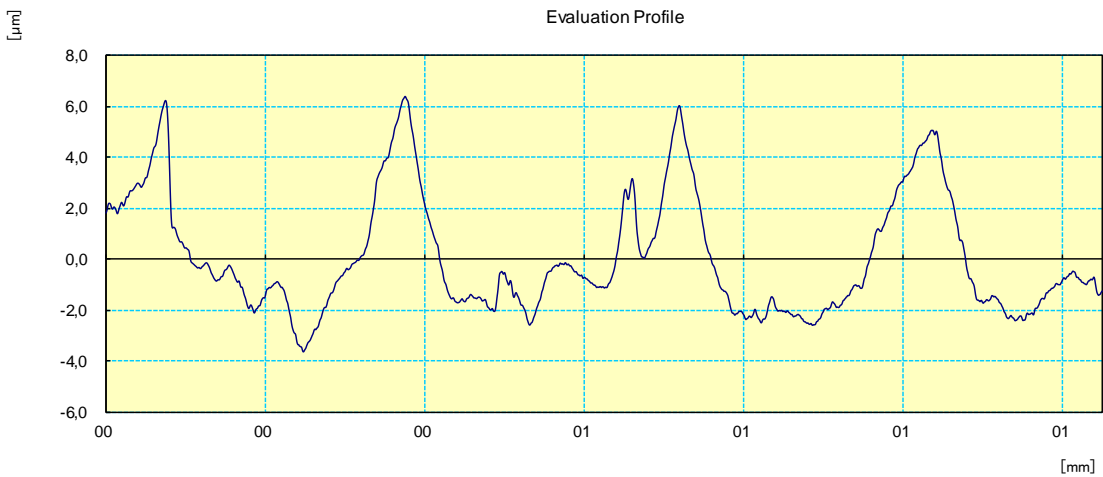
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 3 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 0 ml/s Titik ke-3



21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5 μ m	Filter	GAUSS
Ra	1.903 μ m		
Rq	2.323 μ m		
Rz	8.349 μ m		

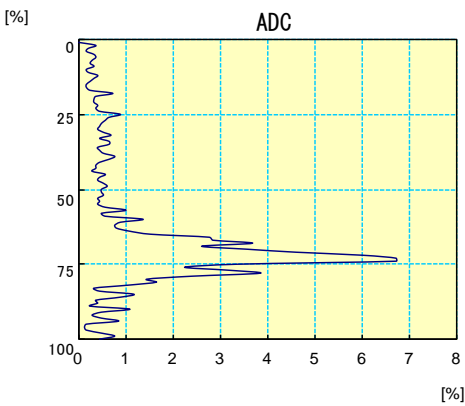
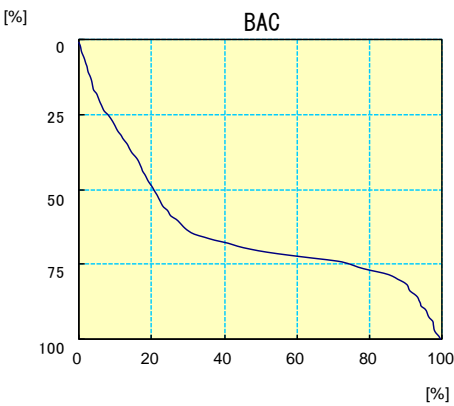
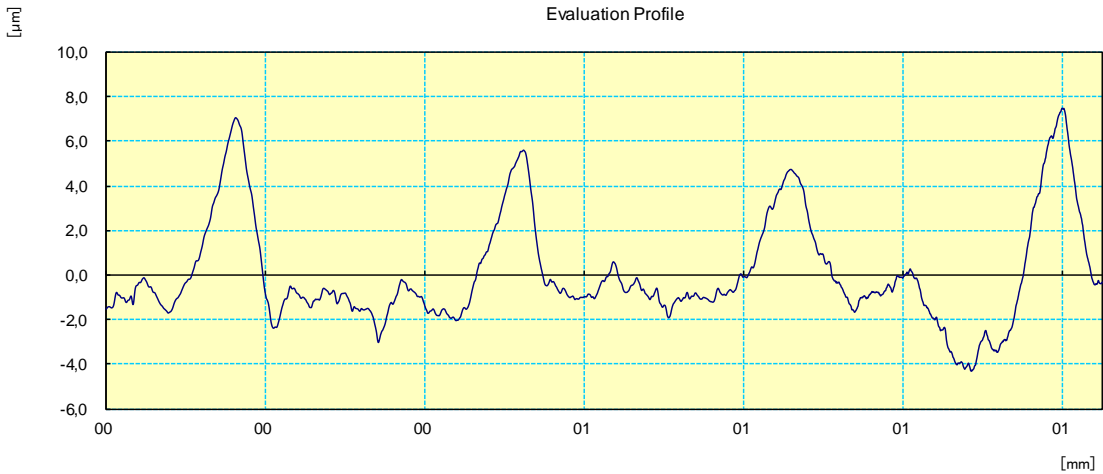
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 4 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 60 ml/s Titik ke-1



21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5 μm	Filter	GAUSS
Ra	1.799 μm		
Rq	2.327 μm		
Rz	8.311 μm		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

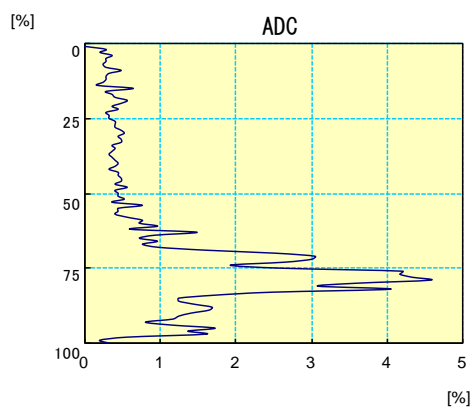
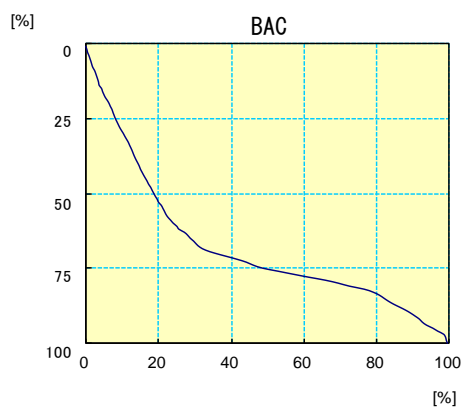
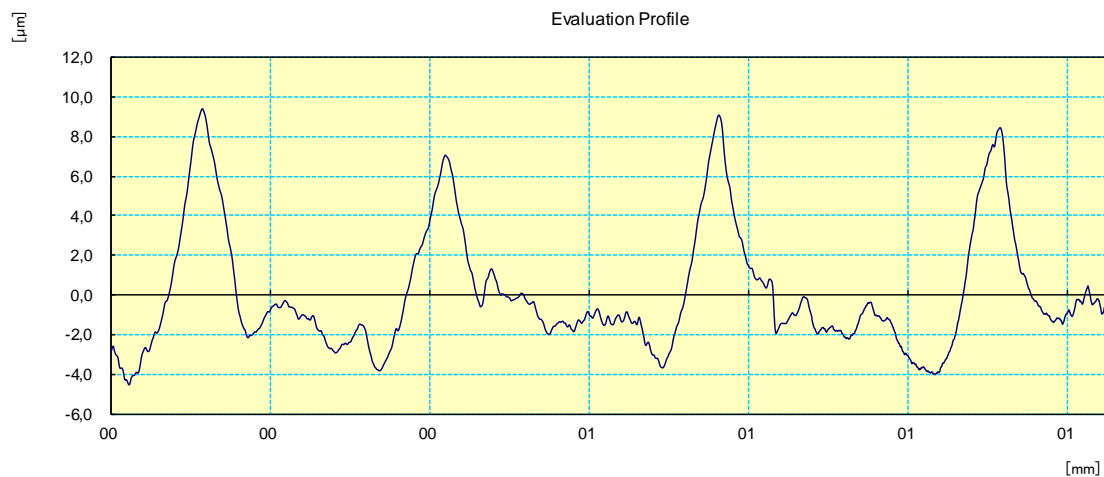


Lampiran 5 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 60 ml/s Titik ke-2

Mitutoyo

21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5µm	Filter	GAUSS
Ra	2.359 µm		
Rq	3.076 µm		
Rz	11.966 µm		

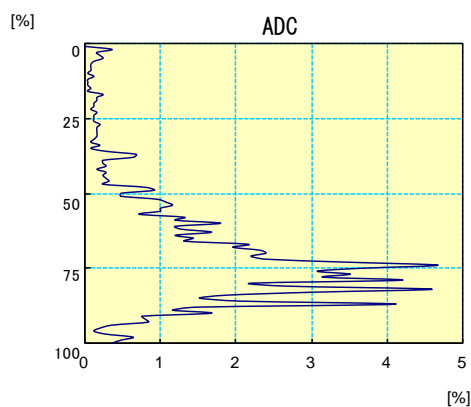
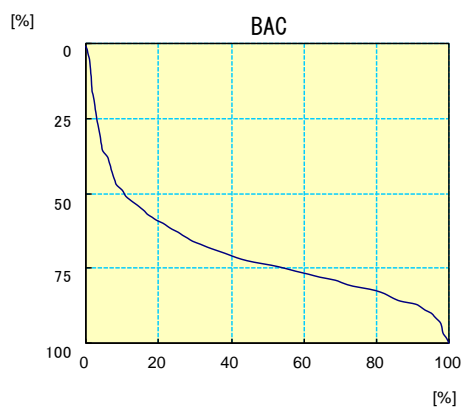
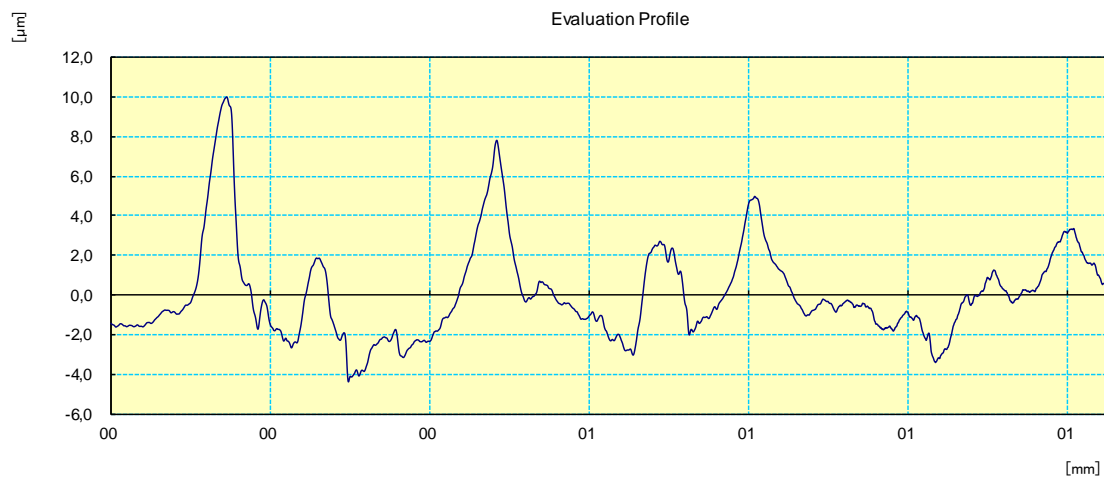
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 6 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 60 ml/s Titik ke-3

Mitutoyo

21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λs	2.5µm	Filter	GAUSS
Ra	1.789 µm		
Rq	2.332 µm		
Rz	8.904 µm		

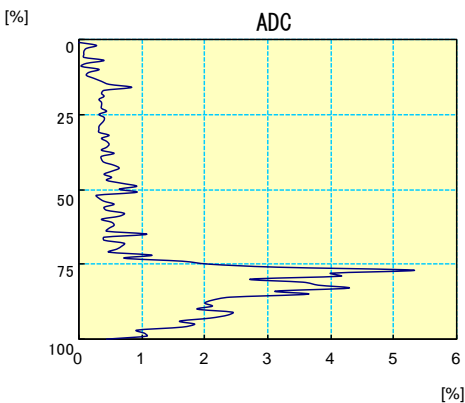
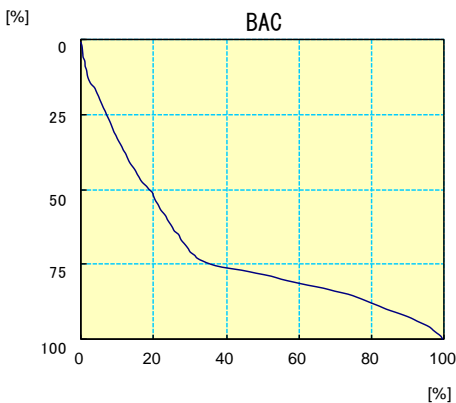
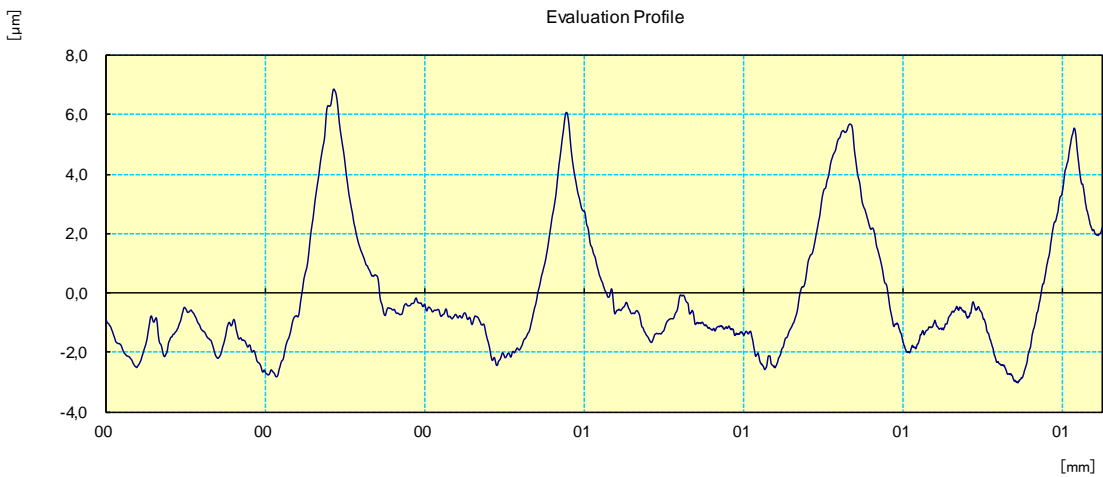
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 7 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 120 ml/s Titik ke-1



28- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5 μ m	Filter	GAUSS
Ra	1.788 μ m		
Rq	2.228 μ m		
Rz	7.597 μ m		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

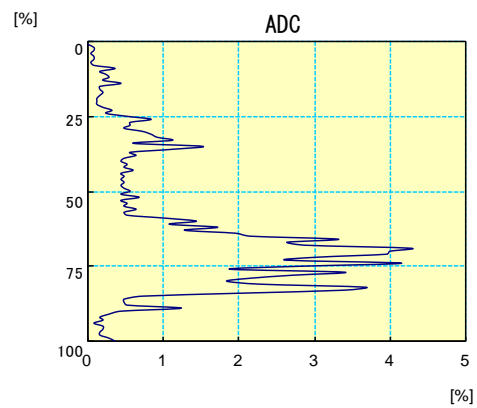
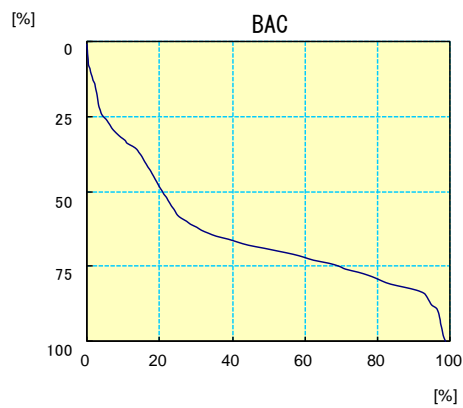
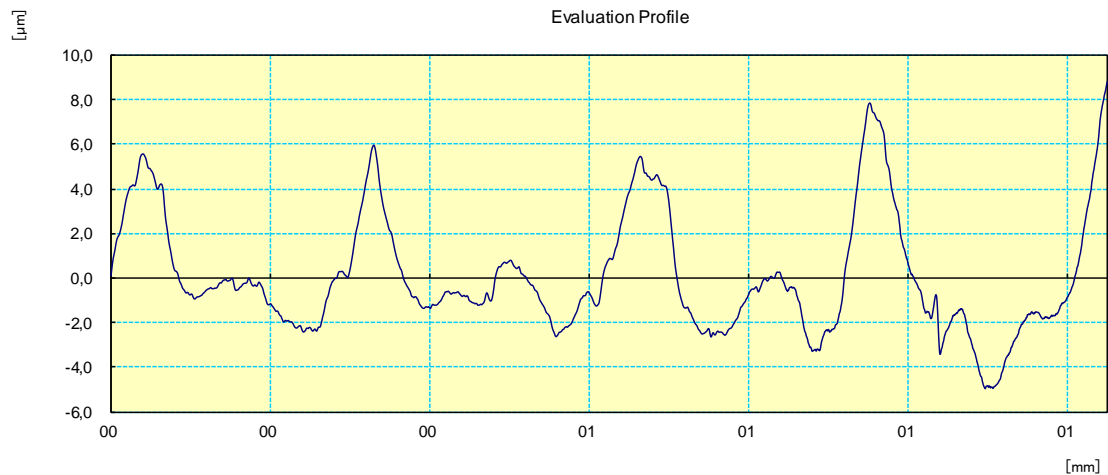


Lampiran 8 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 120 ml/s Titik ke-2

Mitutoyo

28- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λs	2.5μm	Filter	GAUSS
Ra	2.036 μm		
Rq	2.640 μm		
Rz	9.889 μm		

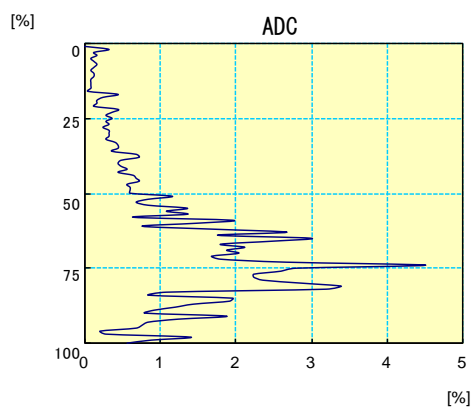
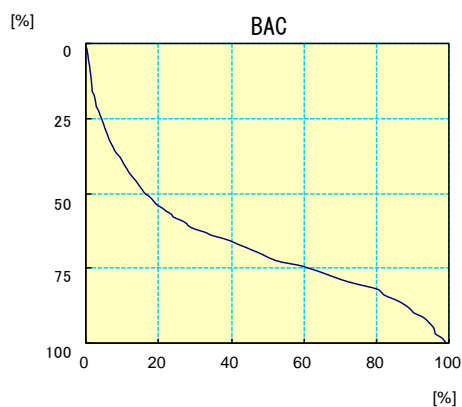
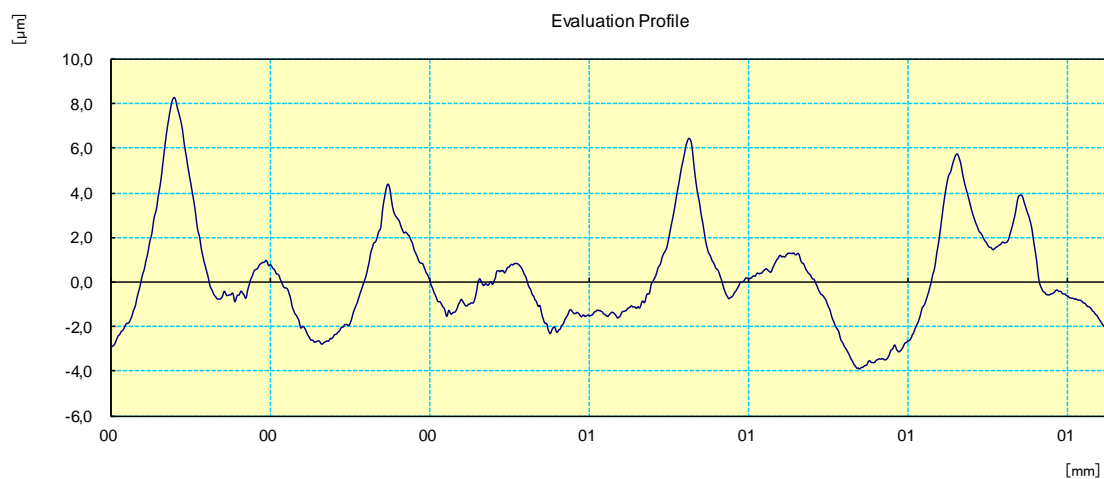
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 9 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 120 ml/s Titik ke-3

Mitutoyo

28- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5 μ m	Filter	GAUSS
Ra	1.804 μ m		
Rq	2.349 μ m		
Rz	8.189 μ m		

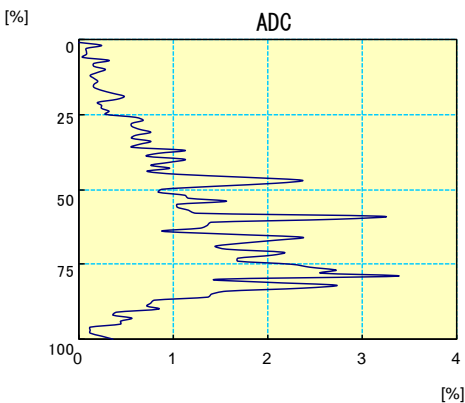
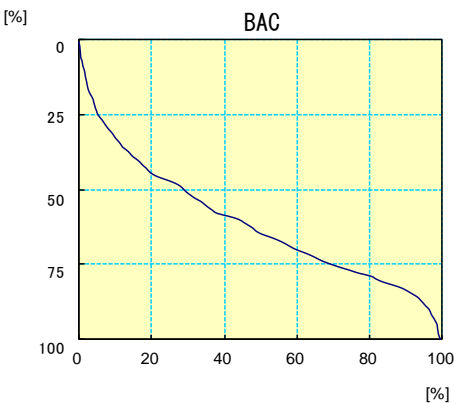
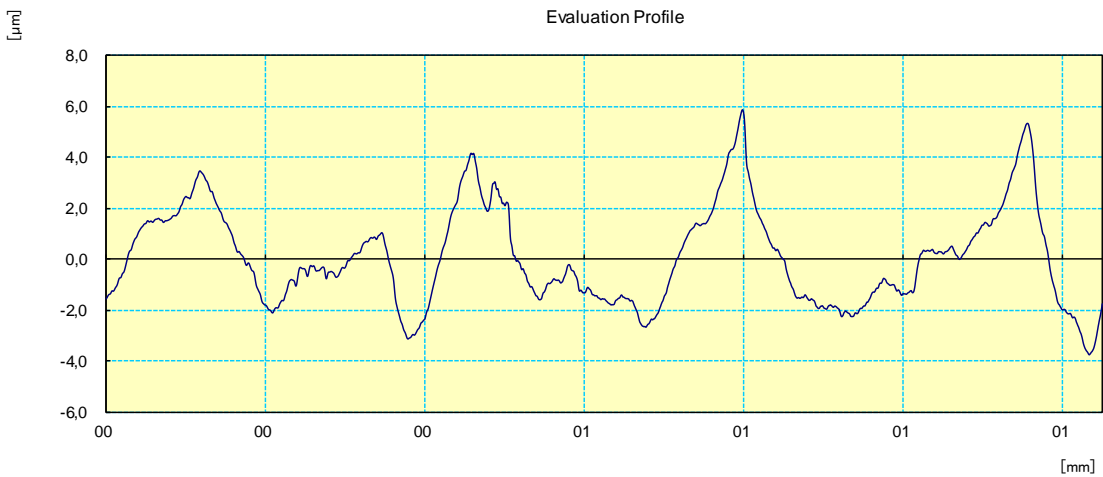
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 10 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 192 ml/s Titik ke-1



21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5 μ m	Filter	GAUSS
Ra	1.580 μ m		
Rq	1.905 μ m		
Rz	6.997 μ m		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

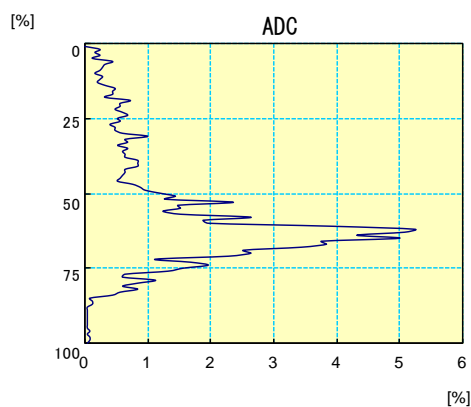
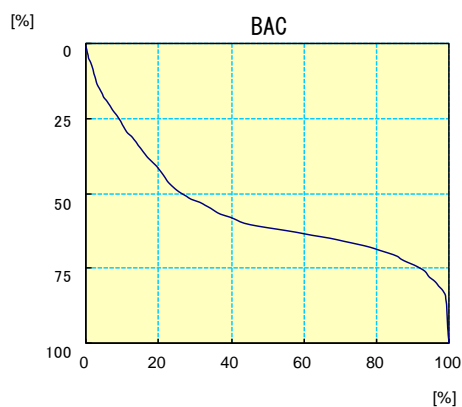
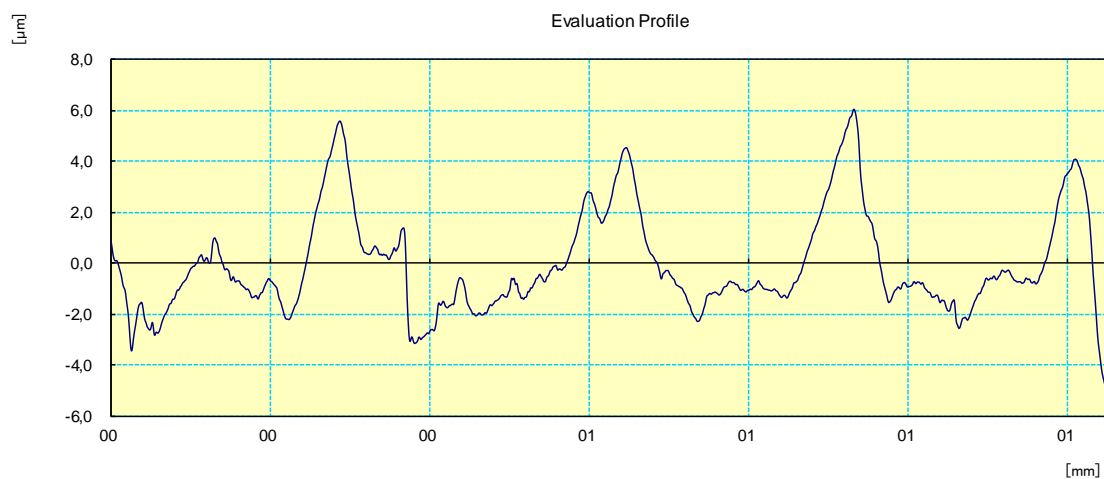


Lampiran 11 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 192 ml/s Titik ke-2

Mitutoyo

21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λs	2.5μm	Filter	GAUSS
Ra	1.569 μm		
Rq	1.974 μm		
Rz	7.351 μm		

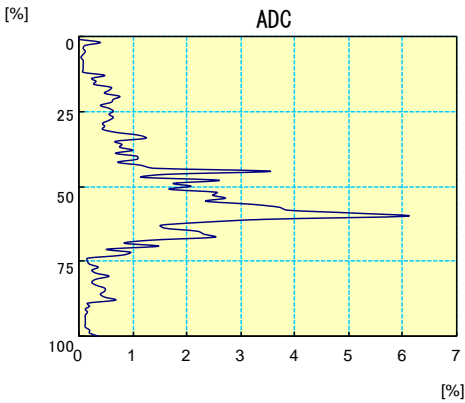
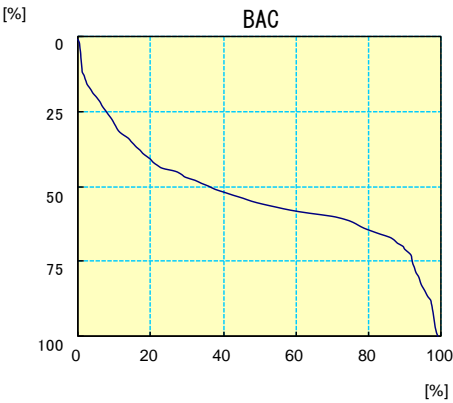
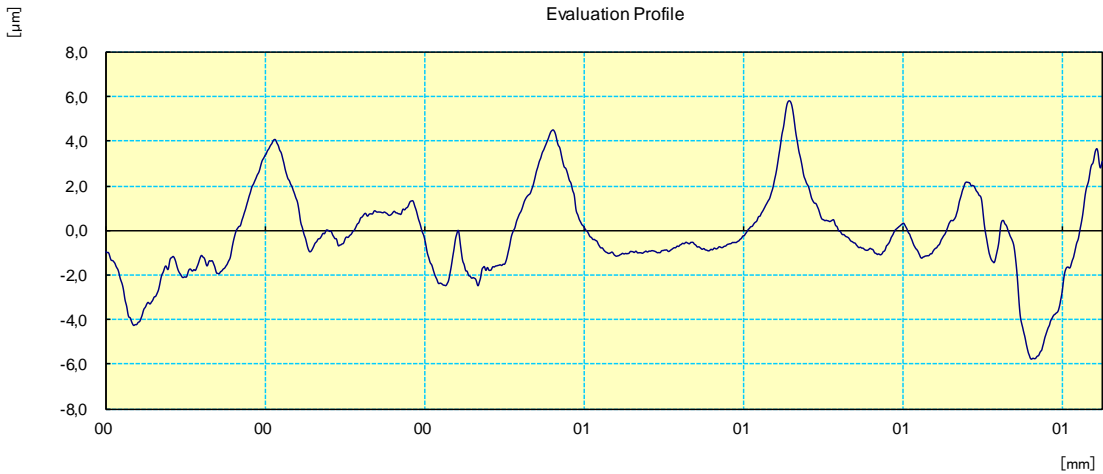
Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation

Lampiran 12 Grafik Kekasaran Permukaan Laju Aliran *Cutting Fluid* 192 ml/s Titik ke-3

Mitutoyo

21- Aug -2018

CERTIFICATE OF INSPECTION



Work Name	Sample	Oprator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest	Comment	Ver2.00
Standard	ISO 1997	N	5
Profile	R	Cut-Off	0.25mm
λ_s	2.5 μ m	Filter	GAUSS
Ra	1.539 μ m		
Rq	1.962 μ m		
Rz	6.912 μ m		

Copyright (C) 2013 Mitutoyo Corporation



Lampiran 13 Gambar Sertifikat Aluminium 6061



ALUMINIUM BAR

A2024BE
A6061BE
A6063BE

KOMPOSISI KIMIA (%)

Kode Material	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Bi,Pb,Zr Zr+Ti,V	Ti	Lain-lain Masing²	Total	Al
A2024BE	Maks. 0,50	Maks. 0,50	3,8 - 4,9	0,30 - 0,9	1,2 - 1,8	Maks. 0,10	Maks. 0,25	Zr+Ti Maks 0,20	Maks. 0,15	Maks. 0,05	Maks. 0,15	Sisa
A6061BE	0,40 - 0,8	Maks. 0,7	0,15 - 0,40	Maks. 0,15	0,8 - 1,2	0,04 - 0,35	Maks. 0,25	-	Maks. 0,15	Maks. 0,05	Maks. 0,15	Sisa
A6063BE	0,20 - 0,6	Maks. 0,35	Maks. 0,10	Maks. 0,10	0,45 - 0,9	Maks. 0,10	Maks. 0,10	-	Maks. 0,10	Maks. 0,05	Maks. 0,15	Sisa

EKUIVALEN KODE MATERIAL

	JIS	AA	ASTM	FS	BS	DIN	ISO
JEPANG	H4040-88	AA-88	B221M-92	QQ -A-200	1474-87	1747-83	6362-90, 209-89
AMERIKA	2024	2024	2024 (QQ-A-200/3F)	6061 (QQ-A-200/8F)	6061	-	-
INGGRIS	6061	6061	6061	6063 (QQ-A-200/9D)	6063	-	-
JERMAN	AlCuMg2	-	-	-	-	-	-
INTERNASIONAL	AlCu4Mg1	AlMg1SiCu	AlMg0,7Si	-	-	-	-

SIFAT-SIFAT MEKANIS

KODE MATERIAL	Temper	UJI TARIK				
		Diameter (mm)	Luas Penampang (cm²)	Kekuatan Tarik (N / mm²)	Ketahanan Tekanan (N / mm²)	Perpanjangan (%)
A2024BE	T3511	≤6	-	Min. 390	Min. 295	Min. 12
		6 < 19	-	Min. 410	Min. 305	Min. 12
		19 < 38	-	Min. 450	Min. 315	Min. 10
		38 <	≤160 160 < 200	Min. 480 Min. 470	Min. 365 Min. 335	Min. 10 Min. 8
A6061BE	T6	≤ 6	-	Min. 265	Min. 245	Min. 8
		6 <	-	Min. 265	Min. 245	Min. 10
A6063BE	T6	≤3	-	Min. 205	Min. 175	Min. 8
		3 < 25	-	Min. 206	Min. 175	Min. 10

ALUMINIUM BAR

A2024BE, A6061BE, A6063BE

BENTUK :
Bulat

MESIN YANG BIASA DIGUNAKAN :
Bubut, turret, CNC

KEUNGGULAN
A2024BE : Kekuatan tinggi, sangat baik dalam proses potong / bubut.
A6061BE : Tahan korosi untuk jenis komponen alat pemanas.
A6063BE : Lebih lunak dari tipe 6061, tapi sangat tahan korosi dan keunggulan dalam proses permukaan

APLIKASI
A2024BE : Materi untuk pesawat terbang, kumparan, bahan untuk baut
A6061BE : Bahan keling, komponen mobil
A6063BE : Komponen mesin pemanas



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 164/UN10.F07.12.21/PP/2018
Sertifikat ini diberikan kepada :

ZELVIO AFIANDA ISHAM
Dengan Judul Skripsi :

PENGARUH LAJU CUTTING FLUID (MINYAK KELAPA) TERHADAP BENTUK CHIP DAN
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES TURNING MENGGUNAKAN METODE

MINIMUM QUANTITY OF DROP LUBRICATION

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **19 DEC 2018**



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Djafar B. Darmadi, MT., Ph.D
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT
NIP. 19740930 200012 1 001

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Belakangan ini banyak komponen-komponen pada proses *turning* yang digunakan untuk berbagai macam kebutuhan setiap harinya. Pada industri manufaktur *turning* banyak ditemukan, proses ini mampu menghasilkan komponen yang berbentuk silindris. *Turning* sendiri adalah salah satu jenis mesin perkakas yang proses kerjanya bergerak memutar benda kerja pada *chuck* dan menggunakan pahat untuk menyayat benda kerja (Widarto, 2008). Komponen yang dihasilkan dari proses *turning* banyak yang terbuat dari aluminium 6061. Aluminium 6061 sendiri dipilih karena memiliki kemampuan tahan terhadap korosi, ringan, mudah dibentuk, penghantar listrik dan panas yang baik serta memiliki kekuatan yang tinggi (Surdia, 1999). Aplikasi dari aluminium 6061 pada proses *turning* banyak ditemukan pada komponen otomotif seperti mur, baut, roda gigi dan dapat juga ditemukan di industri manufaktur seperti *flange pipa*.

Didalam proses *turning* banyak ditemukan metode pemakaian *cutting fluid* seperti metode manual, disiramkan, disemprotkan, dan dikabutkan (Widarto, 2008). Metode tersebut sangat boros dalam penggunaan maupun biaya. Pada akhir-akhir ini banyak dikembangkan metode pemakaian *cutting fluid* dengan tujuan supaya hemat biaya dan penggunaannya, salah satunya adalah metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication* (metode tetesan). Metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication* (metode tetesan) adalah teknologi terbaru dalam pemesinan yang berguna untuk mendapatkan keunggulan dalam keselamatan lingkungan, dan ekonomi, dengan mengurangi penggunaan *cutting fluid* dalam pemesinan (Klocke, 2011). Metode ini memanfaatkan efek dari gaya gravitasi, dimana *cutting fluid* akan bekerja secara tetes ke kontak antara pahat dengan benda kerja sehingga dapat mengontrol temperatur dan pendinginan pada saat pemotongan (Basuki, 2014). Pada metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication* (metode tetesan) laju aliran *cutting fluid* antara 50-500 ml/jam. Laju aliran sendiri sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan, dimana semakin tinggi laju aliran maka akan semakin besar aliran *cutting fluid* yang melumasi proses pemotongan sehingga nilai kekasaran akan semakin kecil (Arifin, 2010).

Cutting fluid mempunyai tiga macam jenis antara lain *synthetic oil*, *straight oil*, dan *bio cutting fluid*. *Cutting fluid* yang biasa digunakan *synthetic oil* dan *straight oil* yang dapat

berbahaya bagi lingkungan seiring dengan pemakaian yang terus menerus, kemudian mempunyai kekurangan yang sulit terurai oleh tanah yang akhirnya dapat merusak lingkungan. *Cutting fluid* yang baik harus ramah lingkungan, *biodegradable* dan *renewable*. *Bio cutting fluid* dari minyak nabati dapat terurai dalam tanah lebih dari 98%, tidak seperti *synthetic oil* dan *straight oil* yang hanya bisa terurai 20% sampai 40% (Nirwana, 2016).

Bio Cutting fluid dari minyak nabati dapat dihasilkan dari berbagai macam-macam tumbuhan seperti kelapa, kelapa sawit, jarak, karet, bunga matahari, dan lain sebagainya. *Bio Cutting fluid* dari minyak nabati yang digunakan tiap negara berbeda-beda tergantung melimpahnya tumbuhan di negara tersebut. Di Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang melimpah akan pohon-pohon kelapa disetiap daerah, oleh karena itu minyak kelapa biasa digunakan penduduk Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai minyak goreng dan bahan baku industri (Krishna, 2015). *Cutting fluid* dari minyak kelapa merupakan sesuatu yang beda dari *synthetic oil* maupun *straight oil* dan terbarukan yang murni tanpa campuran zat kimia maupun air. Minyak kelapa merupakan jenis dari minyak nabati yang memiliki fungsi dan kegunaan yang sama dengan jenis minyak nabati lainnya. Minyak nabati memiliki sifat titik nyala yang tinggi, indek viskositas yang tinggi, sistem pelumas yang baik dibanding pelumas minyak mineral, dan pelumas yang baik untuk logam (Panchal, 2016).

Pembentukan komponen melalui proses *turning* adalah dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi *chip*, sehingga terbentuklah benda kerja. *Chip* terbentuk ketika gaya geser yang diberikan pahat lebih besar dari gaya geser yang mampu ditahan oleh benda kerja, sehingga terjadi deformasi plastis pada benda kerja dan terbentuklah *chip*. Kekasaran permukaan benda kerja dapat dipengaruhi oleh bentuk-bentuk *chip*. Bentuk *chip* secara garis besar ada tiga yaitu *chip built up edge*, *chip* kontinyu, dan *chip* tak kontinyu. Misalnya bentuk *chip built up edge*, bentuk *chip* ini dapat berakibat benda kerja yang dipotong menjadi kasar (Kalpakjian, 2009).

Setiap permukaan dari suatu komponen yang telah dilakukan proses pemesinan akan mengalami kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang terjadi akibat dari kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Kekasaran permukaan yang dicari tidak selalu berhubungan dengan tingkat kekasaran yang rata atau halus, hal ini tergantung dengan fungsi dan kegunaan dari suatu komponen. Sehingga diperlukan metode pengerjaan yang tepat agar menghasilkan tingkat kekasaran yang diinginkan.

Penelitian ini bertujuan agar dapat mengetahui pengaruh laju aliran *cutting fluid* dari minyak kelapa terhadap bentuk *chip* dan kekasaran permukaan pada proses *turning* dengan menggunakan metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, sehingga permasalahan yang akan dibahas yaitu bagaimana pengaruh laju aliran *cutting fluid* (minyak kelapa) terhadap bentuk *chip* dan kekasaran permukaan pada proses *turning* menggunakan metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. *Conventional turning* Krisbow KW15-486 yang digunakan dalam keadaan baik.
2. Spesimen benda kerja dianggap tidak memiliki cacat
3. Getaran mesin diabaikan
4. Volume gelas ukur *cutting fluid* dijaga konstan
5. Tidak memperhitungkan *losses* pada aliran *cutting fluid*
6. Kondisi pahat diasumsikan tajam saat pemotongan
7. *Cutting fluid* yang digunakan adalah minyak kelapa murni tanpa campuran zat kimia maupun air
8. Kondisi pemotongan yang digunakan adalah pemotongan tanpa *cutting fluid* dan pemotongan dengan laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 60 ml/s, 120 ml/s, 192 ml/s
9. Proses pemesinan yang dilakukan adalah proses *turning* rata
10. Permasalahan difokuskan pada bentuk *chip* dan kekasaran permukaan benda kerja hasil proses *turning*, serta keausan pada pahat

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang didapat dari penelitian ini adalah untuk memperoleh bentuk *chip* yang diinginkan dan mengurangi kekasaran permukaan pada proses *turning* melalui metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication* dengan variasi laju aliran *cutting fluid* (minyak kelapa).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yaitu:

1. Untuk menambah pengetahuan tentang pengaruh laju aliran *cutting fluid* (minyak kelapa) pada proses *turning* dengan metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication*.
2. Memberikan referensi pada peneliti selanjutnya tentang laju aliran *cutting fluids* dengan jenis *bio cutting fluid* lainnya pada proses *turning*.

3. Supaya industri manufaktur bisa memanfaatkan minyak kelapa sebagai *cutting fluid* karena minyak kelapa bersifat *biodegradable* dan *renewable*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Arifin (2010) meneliti pengaruh laju aliran media pendingin terhadap nilai kekasaran pada proses pembubutan Baja ST 60. Hasil dari penelitian tersebut adalah adanya pengaruh laju aliran media pendingin terhadap kekasaran, dimana semakin tinggi laju aliran media pendingin maka kekasaran permukaan hasil pembubutan akan semakin kecil. Hal ini terbukti pada laju aliran 20 ml/s, 40 ml/s dan 60 ml/s menghasilkan nilai kekasaran berturut-turut 7,183333333 μm , 5,79 μm , 4,623333333 μm .

Basuki (2014) menelaah tentang pengaruh *minimum lubrication* terhadap keausan pahat dan kekasaran permukaan pada Baja AISI 4340 dengan metode yang digunakan adalah metode tetesan. Hasil penelitian menyatakan teknik tetesan menghasilkan umur pahat lebih tinggi dibanding proses *dry*, dan *wet*, tetapi teknik tetesan menghasilkan umur pahat lebih rendah dibanding teknik *Minimum Quantity Lubrication*. Kemudian teknik tetesan menghasilkan kekasaran permukaan lebih rendah dibanding teknik *dry* dan *wet*, tetapi teknik tetesan menghasilkan kekasaran permukaan lebih tinggi dibanding teknik *Minimum Quantity Lubrication*.

Ginting (2014) mengamati pengaruh parameter pemotongan terhadap geometri geram pada pemesian laju tinggi, keras, dan kering. Hasil dari pengamatan bahwa semakin tinggi kecepatan pemotongan maka tebal geram akan cenderung menurun. Sebaliknya, bila pemakanan dan kedalaman pemotongan naik maka tebal geram setelah terpotong cenderung naik juga.

Sedangkan Nugraha (2015) membuat biodiesel dari minyak kelapa dengan metanol sebagai pelarut dan reaktan menggunakan ekstraktor-transesterifikator. Hasil penelitian menunjukkan proses ekstraksi terbaik pada laju aliran 50 ml/s dan temperatur 60°C, yaitu 49,1 gr atau 38,359% minyak terekstrak. Pada proses reaksi, kondisi terbaik adalah pada temperatur 60°C yaitu 30 gr atau 94,94%.

Sementara itu media pendingin dan kondisi pemotongan logam terhadap kekasaran permukaan pada proses *turning* pada baja ST 37 diteliti oleh Nur (2008). Hasil penelitian menunjukkan kecepatan potong, kecepatan makan, dan jenis media pendingin sangat mempengaruhi kekasaran. Pada pemotongan dengan media pendingin udara di peroleh rumus $SR_{udara} = 4,207 \cdot v^{-0,691} \cdot f^{0,451}$, pada media pendingin Idemetsu Air 1:30 diperoleh

rumus $SR_{idemetsu (1:30)} = 102,32 \cdot v^{-0,442} \cdot f^{0,564}$, dan pada pemotongan dengan media pendingin Idemetsu Air 1:60 diperoleh rumus $SR_{idemetsu (1:60)} = 1995,2 \cdot v^{-1,38} \cdot f^{0,461}$.

2.2 Turning (Mesin Bubut)

Turning (mesin bubut) adalah salah satu jenis mesin perkakas yang proses kerjanya bergerak memutar benda kerja pada *chuck* dan menggunakan pahat untuk menyayat benda kerja. *Turning* (mesin bubut) mempunyai berbagai macam jenis-jenisnya, antara lain: mesin bubut standar, mesin bubut ringan, mesin bubut sedang, dan mesin bubut berat. Jenis mesin bubut yang biasa digunakan adalah mesin bubut standar seperti terlihat pada Gambar 2.1.



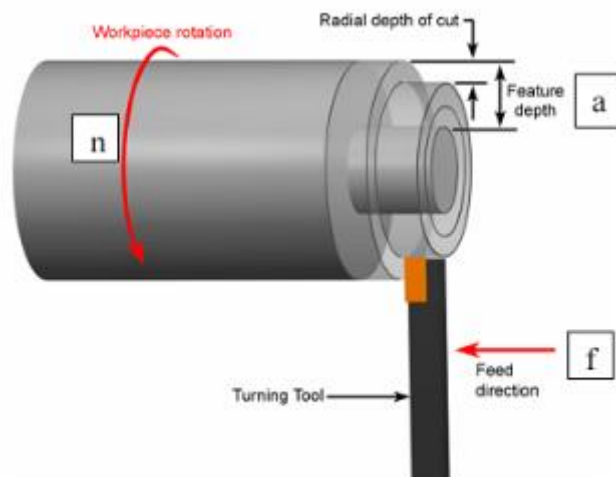
Gambar 2.1 Mesin bubut standar
Sumber: Sumbodo (2008:230)

Mesin bubut standar mempunyai beberapa komponen yang sama dengan mesin bubut ringan dan sedang. Tetapi mempunyai beberapa kelebihan seperti halnya saluran panel untuk menghentikan mesin dalam keadaan darurat, bak penampung cairan pelumas, lampu kerja, dan saluran pendingin. Sehingga mesin bubut standar lebih aman dibanding mesin bubut ringan dan mesin bubut sedang (Sumbodo, 2008).

2.2.1 Proses Pemotongan Pada *Turning*

Proses pemotongan logam adalah memotong bagian logam untuk mendapatkan bentuk dan ukuran disertai kualitas permukaan potong yang direncanakan. Pada proses pemotongan logam dilakukan menggunakan pahat yang sesuai dengan proses pemotongannya. Pahat untuk proses yang satu tidak dapat dipakai pada proses yang lainnya, bahkan untuk proses yang sejenis tidak dapat dipertukarkan pahatnya bila rencana pemotongannya tidak sama. Pada proses pemotongan mampu menghasilkan komponen yang memiliki bentuk yang kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi tinggi.

Salah satu proses pemesinan yang digunakan pada pemotongan logam adalah proses *turning* yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. Proses ini bertujuan untuk membuang benda kerja dimana benda kerja tersebut dicekam menggunakan *chuck* dan berputar pada sebuah sumbu, sedangkan pahat bergerak arah aksial dan radial terhadap benda kerja sehingga terjadi pemotongan dan menghasilkan permukaan yang konsentris dengan sumbu putar benda kerja (Rochim, 1993).



Gambar 2.2 Proses *turning*
Sumber: Yama (2013)

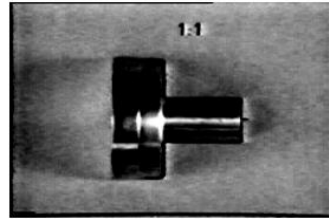
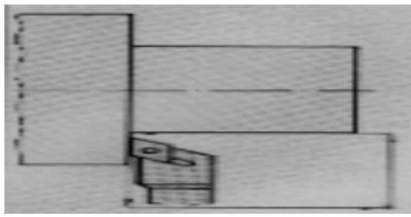
2.2.2 Prinsip Kerja *Turning*

Turning merupakan jenis mesin perkakas yang mempunyai prinsip kerja gerakan memutar benda kerja dan mengurangi volume benda kerja. Alat yang digunakan untuk mengurangi benda kerja adalah pahat.

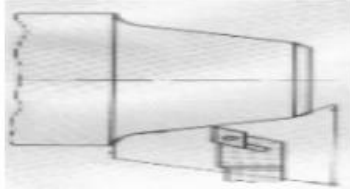
Proses *turning* adalah benda kerja dipasang terlebih dahulu pada *chuck* yang terpasang pada *spindle* mesin, setelah itu *spindle* dan benda kerja diputar dengan kecepatan yang diinginkan. Kemudian pahat yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang disayatkan pada benda kerja yang berputar. Dalam kecepatan putar sesuai yang diinginkan, alat potong akan mudah memotong benda kerja sehingga benda kerja mudah terbentuk sesuai yang diinginkan (Sumbodo, 2008).

2.2.3 Fungsi *Turning*

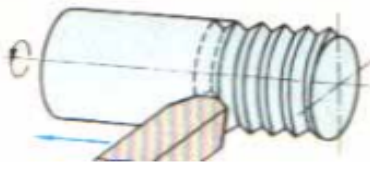
Turning mempunyai fungsi utama yaitu membentuk benda kerja berpenampang silindris. Misalnya membentuk poros bertingkat pada Gambar 2.3, poros tirus pada Gambar 2.4, poros berulir pada Gambar 2.5, (Sumbodo, 2008).



Gambar 2.3 Poros bertingkat
Sumber: Sumbodo (2008:225)



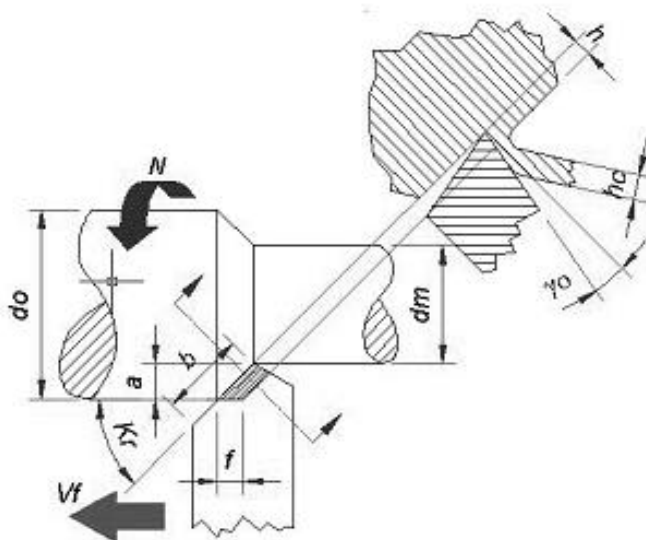
Gambar 2.4 Poros tirus
Sumber: Sumbodo (2008:225)



Gambar 2.5 Poros berulir
Sumber: Sumbodo (2008:225)

2.2.4 Parameter Proses Pemotongan pada *Turning*

Pada Gambar 2.6 proses *turning* memiliki beberapa parameter dasar yang dapat dihitung secara teori menggunakan beberapa persamaan sehingga dapat diketahui parameter yang berkaitan dengan kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, dan *feedrate*.



Gambar 2.6 Parameter pada proses *turning*
Sumber: Rochim (1993)

1. Kecepatan pemotongan (*cutting speed*) adalah kemampuan pahat untuk bergerak memotong benda kerja mulai dari titik awal pemotongan sampai selesai. Untuk menghitung *cutting speed* menggunakan persamaan 2-1.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2-1)$$

Sumber: Rochim (1993:13)

Keterangan:

V = Kecepatan pemotongan (m/min)

D = Diameter rata-rata (mm)

n = Putaran *spindle* (rev/min)

2. Kedalaman pemotongan (*depth of cut*) adalah ketebalan *chip* yang dilepaskan oleh pahat dari benda kerja, atau jarak antara permukaan benda kerja yang dipotong terhadap permukaan benda kerja yang belum terpotong. Untuk menghitung *depth of cut* menggunakan persamaan 2-2.

$$a = \frac{(d_o - d_m)}{2} \quad (2-2)$$

Sumber: Rochim (1993:13)

Keterangan:

a = Kedalaman pemotongan (mm)

d_o = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

3. Pemakanan (*feed rate*) adalah jarak yang ditempuh pahat dalam sekali gerak putar benda kerja. Gerak makan ini dapat ditentukan berdasarkan jenis pahat, benda kerja, dan kekuatan mesin. Untuk menghitung *feed rate* menggunakan persamaan 2-3.

$$f = \frac{v_f}{n} \quad (2-3)$$

Sumber: Rochim (1993:13)

Keterangan:

f = *Feed rate* (mm/rev)

n = Putaran spindel (rev/min)

v_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)

2.3 *Cutting fluid*

2.3.1 Pengertian dan Kegunaan *Cutting Fluid*

Cutting fluid adalah campuran dari beberapa bahan kimia, pelumas, dan air dengan komposisi tertentu yang nantinya bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri manufaktur.

Kegunaan *cutting fluid* antara lain:

1. Meningkatkan Kualitas Produk

Penggunaan *cutting fluid* menurunkan gesekan yang terjadi antara pahat dan benda kerja sehingga menurunkan kekasaran permukaan, serta mengurangi deformasi.

2. Mempermudah Pemrosesan Benda Kerja

Penggunaan *cutting fluid* dapat mempermudah pemrosesan benda kerja karena benda kerja menjadi lebih rendah ketika dilakukan pemmesinan.

3. Meningkatkan Umur Pahat

Penggunaan *cutting fluid* akan menurunkan gesekan yang terjadi antara pahat dan benda kerja sehingga akan mencegah pahat dari keausan dan juga bisa meningkatkan umur pahat.

4. Meningkatkan efisiensi proses pemmesinan

Penggunaan *cutting fluid* dapat menurunkan konsumsi daya yang dibutuhkan dalam proses pemmesinan sehingga efisiensi proses pemmesinan meningkat.

2.3.2 Jenis *Cutting Fluid*

Cutting fluid mempunyai beberapa jenis yang biasa dipakai dalam proses pemmesinan. Ada 3 jenis utama antara lain:

1. Minyak Sintetik (*synthetic oil*)

Minyak sintetik adalah minyak yang tidak mengandung minyak bumi dan sebagai gantinya bisa juga dibuat dari campuran bahan organik dan bahan anorganik alkaline bersama-sama dengan bahan *additive* yang berfungsi sebagai penangkal korosi. Minyak sintetik ini tidak bersifat melumasi dan biasanya digunakan dengan tujuan untuk melindungi terhadap korosi dan penyerapan panas yang tinggi.

2. Minyak Murni (*straight oil*)

Minyak murni terdiri dari minyak bumi atau minyak mineral dasar. Viskositas dari minyak murni bermacam-macam, dari encer sampai yang kental tergantung dari pemakaian.

3. *Bio Cutting Fluid*

Bio cutting fluid terdiri dari bahan-bahan yang alami dari tumbuh-tumbuhan seperti halnya minyak nabati. Contoh dari minyak nabati sudah banyak seperti minyak kelapa murni, minyak kelapa sawit, minyak biji jarak, minyak biji bunga matahari, minyak biji karet, dan masih banyak lagi yang lainnya. *Bio cutting fluid* dapat digunakan untuk menggantikan minyak sintetik, minyak murni dan minyak-minyak yang lainnya dan merupakan pelumas alternatif. Minyak nabati memiliki sifat titik nyala yang tinggi, indeks viskositas yang tinggi, sistem pelumasan yang baik dibanding dari minyak mineral, dan pelumas yang baik untuk logam (Panchal dkk, 2015). Selain bisa digunakan sebagai pelumas *bio cutting fluid* juga ramah lingkungan sehingga tidak menimbulkan dampak-dampak negatif untuk lingkungan. Pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 akan lebih jelas mengenai sifat termal dan viskositas dari beberapa minyak nabati.

Tabel 2.1
Sifat Termal Dari Beberapa Jenis Minyak Nabati

Jenis Minyak	Sifat Termal (°C)			
	Titik Tuang	Titik Didih	Titik Nyalah	Titik Api
Minyak Biji Karet	-9	4	295	298
Minyak Kelapa	22	26	320	325
Minyak Biji Bunga Matahari	-18	-12	332	337

Sumber: Aravind dkk, (2015)

Tabel 2.2
Viskositas Dari Beberapa Jenis Minyak Nabati

Jenis Minyak	Viskositas Pada 40°C	Viskositas Pada 100°C	Indeks Viskositas
Minyak Biji Karet	32,8	7	182
Minyak Kelapa	29	6	159
Minyak Biji Bunga Matahari	27,8	6,1	176

Sumber: Aravind dkk (2015)

2.3.3 Minyak Kelapa

Minyak kelapa (*Cocos Nucifera*) termasuk dalam minyak nabati yang berasal dari tanaman kelapa. Tanaman kelapa pada Gambar 2.7 merupakan komoditas yang sangat luas penyebarannya karena dibudidayakan oleh manusia dan sangat mudah untuk tumbuh secara alami di daerah beriklim tropis. Karena semua bagian dari pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Salah satu bagian kelapa yang mempunyai banyak

manfaat adalah daging buah kelapa yang di ambil santannya untuk dijadikan minyak kelapa murni (*virgin coconut oil*). Minyak kelapa murni adalah minyak kelapa yang dibuat dari kelapa yang basah. Kelapa murni mengandung 30-50% minyak, bila dikeringkan menjadi kopra kadar minyaknya mencapai 63-65%. Kadar minyak sangat dipengaruhi oleh tingkat ketuaan buah, semakin tua buah semakin tinggi kadar minyaknya. Buah kelapa yang sudah tua atau matang umumnya dipanen pada umur 11–12 bulan (Rindengan dan Novarianto, 2009). Minyak kelapa memiliki rasa manis natural dari buah kelapa dan mengandung 92% asam lemak jenuh dari bentuk *triglycerides*. Minyak kelapa adalah minyak yang sering dikonsumsi di negara-negara tropis dari ribuan taun yang lalu (Krishna dkk, 2010).



Gambar 2.7 Tanaman kelapa
Sumber: Rindengan (2009)

Virgin coconut oil (VCO) pada Gambar 2.8 merupakan bentuk olahan daging kelapa yang baru-baru ini banyak diproduksi orang. Di beberapa daerah, VCO lebih terkenal dengan nama minyak perawan, minyaksara, atau minyak kelapa murni. VCO mengandung asam lemak rantai sedang yang mudah dicerna dan dioksidasi oleh tubuh sehingga mencegah penimbunan di dalam tubuh. Disamping itu ternyata kandungan antioksidan didalam VCO pun sangat tinggi seperti tokoferol dan betakaroten. Antioksidan ini berfungsi untuk mencegah penuaan dini dan menjaga vitalitas tubuh (Setiaji dan Prayugo, 2006).



Gambar 2.8 Virgin coconut oil (VCO)

Karakteristik fisik yang paling terlihat dari minyak kelapa adalah minyak kelapa tidak mengalami pelunakan bertahap dengan naiknya temperatur, tetapi melewati fase itu, langsung dari padat menjadi cair dalam *range* waktu yang cukup sempit. Karakteristik fisik dan kimia dari minyak kelapa dapat dilihat Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Karakteristik Fisik dan Kimia Dari Minyak Kelapa

Karakteristik Minyak	<i>Virgin Coconut Oil</i>	<i>Refined Coconut Oil</i>	<i>Unrefined Coconut Oil From Copra</i>
Warna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Sedikit kecoklatan
Bau	Bau buah kelapa	Tidak berbau	Bau buah kelapa
Kelembaban (%)	<0,1	<0,1	<0,1
Titik Cair	24	24	24

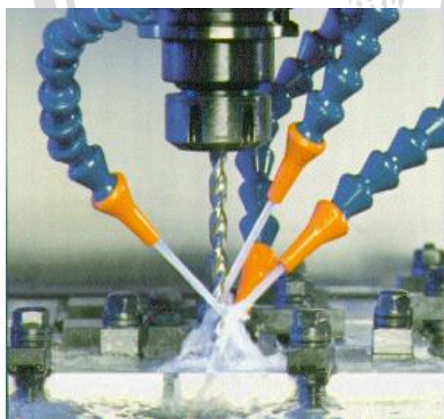
Sumber: Krishna dkk (2010)

2.3.4 Metode Pemakaian *Cutting Fluid*

Ada beberapa metode yang digunakan untuk pemakaian *cutting fluid*, antara lain:

1. Metode Disemprotkan (*jet application of fluid*)

Pada proses pendinginan dengan metode disemprotkan ini dilakukan dengan cara *cutting fluid* disemprotkan langsung ke daerah pemotongan (bertemunya antara pahat dengan benda kerja yang terpotong), seperti terlihat pada Gambar 2.9. *Cutting fluid* yang sudah disemprotkan disaring dengan filter pada meja mesin dan kemudian dialirkan ke bak penampung (Widarto, 2008).



Gambar 2.9 *Cutting fluid* dengan metode disemprotkan
Sumber: Widarto (2008:303)

2. Metode Disiramkan (*flooding*)

Pada metode disiramkan ini membutuhkan sistem pendingin, yang terdiri dari *nozzle*, pompa, saluran, dan tangki, semua itu hampir dimiliki oleh mesin perkakas yang standar. Satu atau beberapa *nozzle* dengan selang yang fleksibel diatur sehingga *cutting fluid* disemprotkan pada bidang aktif pemotongan. Pada pemberian *cutting fluid* ini

seluruh benda kerja disekitar proses pemotongan disirami dengan *cutting fluid* melalui saluran *cutting fluid* yang jumlahnya lebih dari satu, seperti terlihat pada Gambar 2.10 (Widarto, 2008).



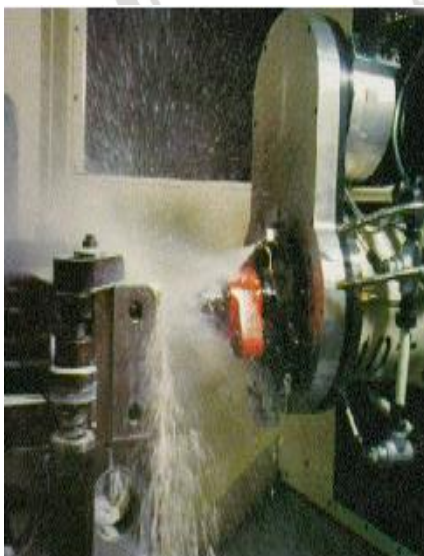
Gambar 2.10 *Cutting fluid* dengan metode disiramkan
Sumber: Widarto (2008:302)

3. Metode Manual

Pada metode ini pemberian *cutting fluid* dengan cara manual, apabila mesin perkakas tidak dilengkapi dengan sistem pendingin, misalnya mesin bubut maka *cutting fluid* hanya dipakai secara terbatas. Pada umumnya operator memakai kuas untuk ditetaskan dipahat bubut dengan *cutting fluid* (Widarto, 2008).

4. Metode Dikabutkan (*mist*)

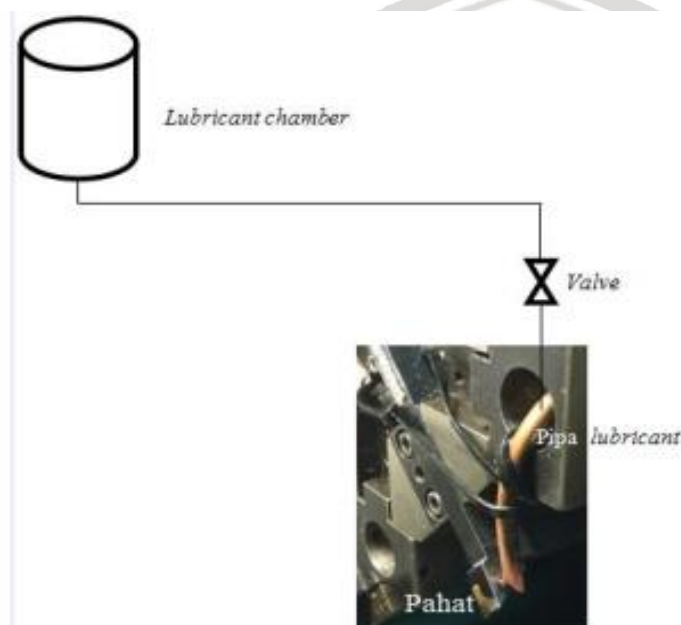
Pada metode dikabutkan ini pemberian *cutting fluid* dikabutkan dengan menggunakan semprotan udara dan kabutnya langsung diarahkan ke daerah pemotongan, seperti terlihat pada Gambar 2.11 (Widarto, 2008).



Gambar 2.11 *Cutting fluid* dengan metode dikabutkan
Sumber: Widarto (2008:304)

5. Metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication*

Minimum Quantity of Drop Lubrication salah satu metode pemakaian *cutting fluid* dimana *cutting fluid* akan bekerja secara tetes ke kontak antara pahat dan benda kerja dengan memanfaatkan efek dari gaya gravitasi. Teknik *Minimum Quantity of Drop Lubrication* ini akan mengurangi gesekan antara pahat dengan benda kerja sehingga akan mengurangi kenaikan temperatur pada pahat dan akhirnya dapat menaikkan umur dari pahat. Dalam penggunaan metode ini fluida lubrikasinya sama dengan MQL (*Minimum Quantity Lubrication*) yaitu antara 50-500 ml/jam (Basuki, 2014). Pada Gambar 2.12 merupakan skema teknik tetesan.



Gambar 2.12 Skema teknik tetesan
Sumber: Basuki (2014)

2.4 Laju Aliran *Cutting Fluid*

Perubahan laju aliran *cutting fluid* dapat dilakukan dengan mengubah luas penampang *input* dari pipa. Karena menurut rumus dibawah besarnya nilai luas penampang mempengaruhi nilai laju aliran. Untuk menghitung laju aliran *cutting fluid* menggunakan persamaan 2-4.

$$Q = A \cdot v \quad (2-4)$$

Sumber: Tipler (1991)

Keterangan:

Q = Laju aliran (m^3/s)

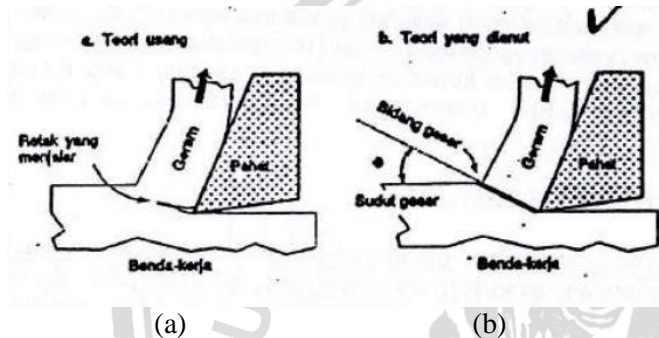
A = Luas penampang pipa (m^2)

v = Kecepatan aliran (m/s)

2.5 Chip

2.5.1 Mekanisme Proses Pembentukan Chip

Pada mulainya *chip* terbentuk karena adanya retak mikro yang timbul pada benda kerja tepat diujung pahat pada saat pemotongan dimulai. Dengan bertambahnya tekanan pahat, retak tersebut menjalar kedepan sehingga terjadilah *chip*, lihat pada Gambar 2.13a. Logam yang umumnya bersifat ulet (*ductile*) apabila mendapat tekanan akan timbul tegangan (*stress*) di daerah sekitar konsentrasi gaya penekanan mata potong pahat. Tegangan pada benda kerja tersebut mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser yang maksimum. Apabila tegangan ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastik (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan benda kerja diujung pahat pada suatu bidang geser, lihat pada Gambar 2.13b.



Gambar 2.13 Teori yang menerangkan terjadinya *chip*
Sumber: Rochim (1993)

2.5.2 Komponen Gaya Pembentukan Chip

Mekanisme pembentukan *chip* yang dikemukakan oleh Merchant berdasarkan teorinya atas model pemotongan sistem tegak. Sistem pemotongan tegak adalah penyediaan dari sistem pemotongan miring dimana gaya diuraikan menjadi komponen pada suatu bidang. Beberapa asumsi yang digunakan dalam analisis model tersebut adalah:

1. Mata potong pahat sangat tajam sehingga tidak menggosok atau menggaruk benda kerja
2. Deformasi terjadi hanya dalam dua dimensi
3. Distribusi tegangan yang merata pada bidang geser, dan
4. Gaya aksi dan reaksi pahat terjadi bidang *chip* adalah sama besar dan segaris (tidak menimbulkan momen koppel)

Karena sistem gaya dipandang hanya satu bidang (bukan ruang) maka gaya total dapat diuraikan menjadi dua komponen gaya yang saling tegak lurus. Tergantung pada cara penguraian dalam hal ini dapat dikemukakan tiga cara yaitu:

1. Gaya total (F), ditinjau dari proses deformasi material, dapat diuraikan menjadi dua komponen yaitu:

F_s : gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser sehingga melampaui batas elastik

F_{sn} : gaya normal pada bidang geser yang menyebabkan pahat tetap menempel pada benda kerja

2. Gaya total (F) dapat diketahui arah dan besarnya dengan cara membuat dinamometer (alat ukur gaya dimana pahat dipasang padanya dan alat tersebut dipasang pada mesin perkakas) yang mengukur dua komponen gaya itu.

F_v : gaya gesek pada bidang *chip*

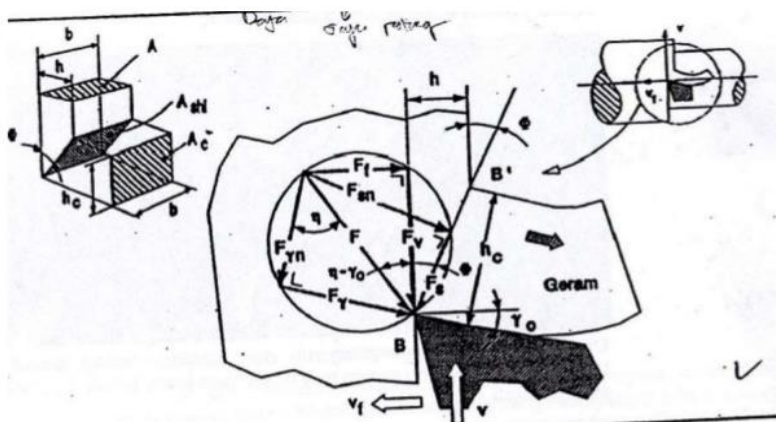
F_f : gaya makan, searah dengan kecepatan makan

3. Gaya total (F) yang bereaksi pada bidang *chip* (A_γ , face, bidang pada pahat dimana *chip* mengalir) diuraikan menjadi dua komponen untuk menentukan “koefisien gesek *chip* terhadap pahat” yaitu,

F_γ : gaya gesek pada bidang *chip*

$F_{\gamma n}$: gaya normal pada bidang *chip*

Karena berasal dari satu gaya yang sama mereka dapat dilukiskan pada suatu lingkaran dengan diameter yang sama dengan gaya total (F). Pada Gambar 2.14 merupakan lingkaran gaya pemotongan, lingkaran tersebut digambar persis diujung pahat sedemikian rupa sehingga komponen menempati lokasi seperti yang dimaksud. Gambar ini merupakan sistem gaya pada pemotongan orthogonal dan dalam prakteknya dapat didekati dengan menggunakan pahat dengan sudut $\gamma_f = 90^\circ$ dan $\lambda_s = 0^\circ$ dengan kecepatan potong jauh lebih tinggi dari kecepatan makan.



Gambar 2.14 Lingkaran gaya pemotongan
Sumber: Rochim (1993)

Sewaktu pemotongan mulai berlangsung, gaya potong F_v akan membesar. Daerah dimuka mata potong akan mengalami tegangan geser dengan orientasi dan harga yang bervariasi. Salah satu bidang akan mengalami tegangan geser yang terbesar, dan dengan naiknya gaya potong maka tegangan geser pada bidang tersebut (bidang geser) akan melampaui batas elastik (*yield*) sehingga terjadi deformasi plastik yang menyebabkan terbentuknya *chip*. Bila hal ini telah terjadi maka gaya potong telah mencapai harga maksimum (tidak mungkin naik lagi). Berdasarkan analisis geometrik dari lingkaran gaya rumus gaya potong F_v adalah:

$$F_v = \frac{F_s \cos(\eta - \gamma_o)}{\cos(\phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-5)$$

Sumber: Rochim (1993)

Gaya geser F_s dapat digantikan dengan penampang bidang geser dari tegangan geser yang terjadi padanya yaitu:

$$F_s = A_{shi} \cdot \tau_{shi} \quad (2-6)$$

Sumber: Rochim (1993)

Keterangan:

F_s = Gaya geser (N)

A_{shi} = Penampang bidang geser, $A / \sin \phi$ (mm^2)

τ_{shi} = tegangan bidang geser

A = penampang *chip* sebelum terpotong

Dengan demikian rumus gaya potong adalah:

$$F_v = \tau_{shi} \cdot b \cdot h \cdot \frac{F_s \cos(\eta - \gamma_o)}{\cos(\phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-7)$$

Dari rumus 2-7 dapat disimpulkan beberapa variabel yang mempengaruhi gaya pemotongan sebagai berikut.

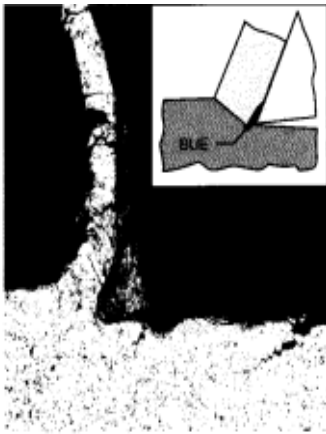
1. Tegangan geser (dinamik) menentukan besarnya gaya potong maka kekuatan benda kerja merupakan faktor penentu dari proses pemesinan. Dalam praktek telah diketahui bahwa untuk kondisi pemotongan yang sama gaya potong bagi benda kerja aluminium lebih rendah dari pada gaya potong bagi benda kerja baja.
2. Semakin besar penampang *chip*, gaya potong akan semakin besar.

2.5.3 Bentuk *Chip*

Chip hasil pemotongan memiliki bentuk yang bermacam-macam tergantung dari jenis material benda kerjanya dan kondisi pemotongan yang digunakan. Adapun bentuk *chip* secara garis besar dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu:

1. *Chip Built Up Edge*

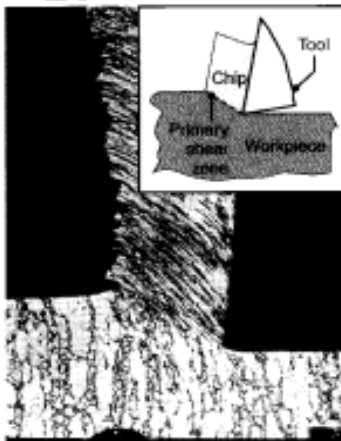
Chip built up edge dalam Gambar 2.15 mempunyai dampak yang merugikan, *built up edge* dapat berakibat benda kerja yang dipotong akan menjadi kasar. *Chip built up edge* terjadi karena dari material benda kerja yang mempunyai sifat ulet dan koefisien geseknya lumayan tinggi. Sehingga ketika penyayatan gesekan yang tinggi dapat menimbulkan penempelan *chip* pada mata potong bertumpuk-tumpuk.



Gambar 2.15 *Chip built up edge*
Sumber: Kalpakjian (2009:562)

2. *Chip Kontinyu*

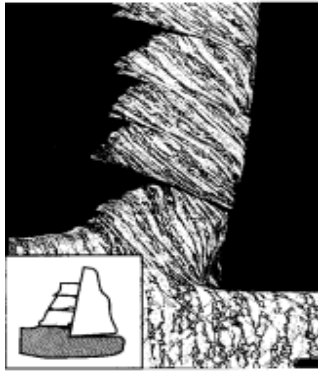
Chip kontinyu dalam Gambar 2.16 merupakan *chip* yang dihasilkan ketika pemakanan dengan material yang ulet. Deformasi benda kerja ketika penyayatan terjadi pada daerah yang disebut *primary shear zone* dikarenakan besarnya gesekan yang terjadi antara pahat dan benda kerja (Kalpakjian, 2009).



Gambar 2.16 *Chip kontinyu*
Sumber: Kalpakjian (2009:562)

3. *Chip Tak Kontinyu*

Chip tak kontinyu dalam Gambar 2.17 terjadi dari proses pemesinan dengan material yang bersifat rapuh. *Chip tak kontinyu* mempunyai dampak yang menguntungkan, umur pahat menjadi lebih panjang dan awet.

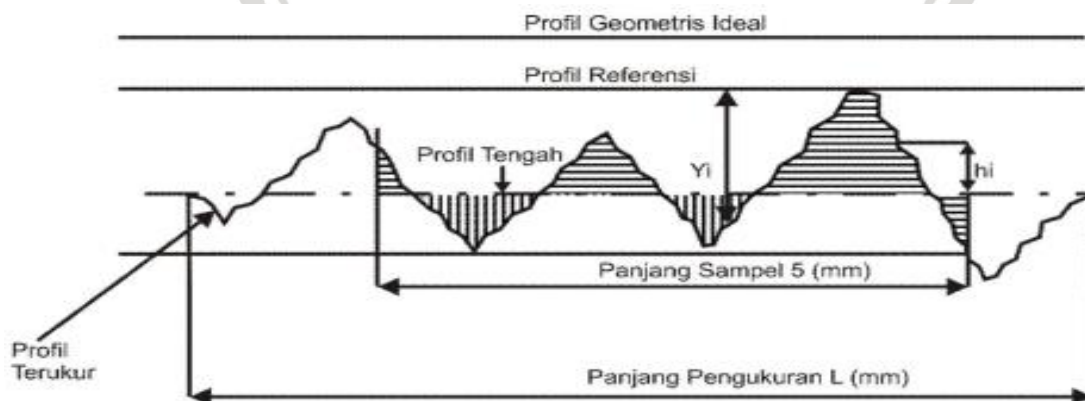


Gambar 2.17 Chip tak kontinyu
sumber: kalpakjian (2009:562)

2.6 Kekasaran Permukaan

Permukaan adalah suatu batas yang memisahkan suatu benda padat dengan sekitarnya. Kekasaran permukaan adalah suatu penyimpangan tekstur dari suatu permukaan benda. Pada proses pemesinan, kekasaran permukaan benda kerja diakibatkan oleh getaran pada mesin, tidak teraturnya proses pemakanan, cacat pada benda kerja, dan kerusakan akibat arah aliran chip.

Permukaan sangat berkaitan dengan profil, atau profil sering disebut bentuk. Profil permukaan adalah garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor/peraba alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran. Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel. Pada Gambar 2.18 ditunjukkan bentuk profil sesungguhnya dengan beberapa keterangan.



Gambar 2.18 Profil kekasaran pada permukaan
Sumber: Munadi (1988)

1. Profil geometris ideal adalah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
2. Profil terukur adalah garis permukaan yang terukur.
3. Profil referensi/puncak/acuan merupakan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisis ketidak teraturan bentuk permukaan.
4. Profil dasar adalah garis yang berada dibawah yang menyinggung titik terendah dari profil terukur
5. Profil tengah merupakan garis yang berada ditengah-tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam.

Kekasaran rata-rata aritmetis (R_a) mempunyai sebuah toleransi kekasaran. Masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasarannya yaitu mulai dari N1 sampai N12. Biasanya besar toleransi R_a antara 50% ke atas dan 25% ke bawah. Pada Tabel 2.4 merupakan harga kekasaran rata-rata beserta tolerasinya. Toleransi harga kekasaran rata-rata (R_a) dari suatu permukaan itu tergantung pada proses pengerjaannya. Tabel 2.5 menunjukkan contoh harga kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya (Munadi,1988).

Tabel 2.4
Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata R_a

Kelas Kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga R_a (μm)	Toleransi	Panjang Sampel (mm)
N1	1	0,0025	0,02-0,04	0,08
N2	2	0,05	0,04-0,08	
N3	4	0,0	0,08-0,15	0,25
N4	8	0,2	0,15-0,3	
N5	16	0,4	0,3-0,6	
N6	32	0,8	0,6-1,2	0,8
N7	63	1,6	1,2-2,4	
N8	125	3,2	2,4-4,8	
N9	250	6,3	4,8-9,6	2,5
N10	500	12,5	9,6-18,75	
N11	1000	25,0	18,75-37,5	8
N12	2000	50,0	37,5-75,0	

Sumber: Munadi (1988)

Tabel 2.5

Tingkat Kekasaran Rata-Rata Permukaan Menurut Proses Pengerjaannya

Proses Pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra μm
<i>Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning</i>	N1-N4	0,025–0,2
	N1-N6	0,025-0,8
<i>Flat cylindrical grinding</i>	N1-N8	0,025 – 3,2
<i>Finishing</i>	N4-N8	0,1-3,2
<i>Face and cylindrical turning, milling and Reaming</i>	N5-N12	0,4-50,0
<i>Drilling</i>	N7-N10	1,6-12,5
<i>Shapping, planning, horizontal milling</i>	N6-N12	0,8-50,0
<i>Sandcasting and forging</i>	N10-N11	12,5-25,0

Sumber: Munadi (1988)

Nilai kekasaran permukaan dapat berpengaruh terhadap kualitas produk dari proses pemesinan, karena nilai kekasaran dapat mempengaruhi kemampuan benda kerja dalam terjadinya korosi pada permukaan suatu benda. Gambar luas P dan luas Q untuk menentukan kekasaran dapat dilihat pada Gambar 2.19. Untuk menghitung nilai Ra ditentukan dengan rumus 2-8.

$$Ra = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} + \frac{1000}{V_v} \quad (2-8)$$

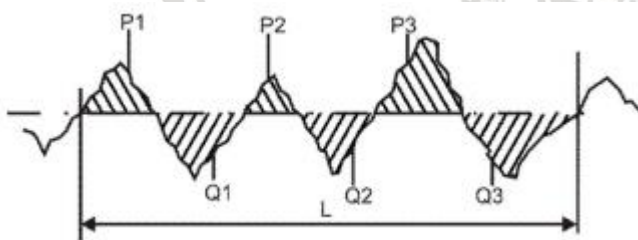
Sumber: Munadi (1988)

Keterangan:

Ra = Kekasaran rata-rata aritmetik (μm)

L = Panjang sampel pengukuran (mm)

Vv = Perbesaran vertikal (mm)



Gambar 2.19 Menentukan kekasaran rata-rata (Ra)

Sumber: Munadi (1988)

2.7 Aluminium 6061

Aluminium adalah logam yang ringan dengan berat jenis 2.7 gr/cm^3 setelah Magnesium (1.7 gr/cm^3) dan Berilium (1.85 gr/cm^3) atau sekitar $1/3$ dari berat jenis besi maupun tembaga. Konduktifitas listriknya 60% lebih dari tembaga sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Selain itu juga memiliki sifat penghantar panas, memiliki sifat pantul sinar

yang baik sehingga digunakan pula pada komponen mesin, alat penukar panas, cermin pantul, komponen industri kimia.

Material benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 6061. Aluminium 6061 merupakan hasil paduan Al-Mg-Si, paduan pada seri ini memiliki kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibanding dengan paduan-paduan seri lainnya. Tetapi pada paduan ini sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa. Memiliki mampu bentuk yang baik pada ekstrusi dan tahan korosi, serta sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan (Surdia, 2008:302). Pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7 adalah data mengenai sifat mekanik dan sifat fisik secara umum pada aluminium 6061.

Tabel 2.6

Sifat Mekanik Paduan Aluminium 6061

Aluminium Paduan	Kekuatan Tarik (kgf/mm ²)	Kekuatan Mulur (kgf/mm ²)	Kekerasan (BHN)	Perpanjangan (%)	Batas Lelah (kgf/mm ²)
6061	31,6	28	95	15	9,5

Sumber: Surdia (1999:140)

Tabel 2.7

Sifat Fisik Paduan Aluminium 6061

Aluminium Paduan	Density		Heat Capacity		Thermal Conductivity	
	gr/cm ³	lb/in ³	j/kg K	cal _{ir} /g.°C	W/m.K	cal _{ir} /cm.s.°C
6061	2,70	0,098	963	0,23	172	0,41

Sumber: ASM Handbook Vol.16 (2004)

2.8 Pahat Karbida

Jenis karbida yang disemen ditemukan sejak tahun 1923 (KRUP WIDIA). Ini merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara *sintering* serbuk karbida (nitrida, oksigen) dengan bahan pengikat *cobalt* (Co) dan dengan cara *carburizing* masing-masing bahan dasar *Tungsten* (Wolfram, W) *Tintinium* (Ti), Titanium (Tu) kemudian digiling (*ball mill*) dan disaring. Salah satu campuran serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan menggunakan lilin. Setelah itu dilakukan proses *presintering* (1000°C) pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas dan kemudian *sintering* (1000°C) sehingga bentuk keping sebagai hasil proses cetak tekan akan menyusut kembali menjadi sekitar 80% dari volume semula.

Hot hardness karbida yang disemen hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar prosentase pengikat CO₂ maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membalik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya. Koefisien muainya setengah kali koefisien koefisien muainya baja dan

konduktifitas panasnya sekitar 2 atau 3 kali konduktifitas panas HSS. Adapun 3 jenis utama pahat karbida, antara lain (Rochim, 1993):

1. Karbida *tungsten* (WC + Co), yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang.
2. Karbida *tungsten* paduan (WC – TiC + Co; WC – TaC – TiC + Co; WC – TaC + Co; WC – TiC + TiN + Co; TiC + Ni + Mo).
3. Karbida lapis, adalah jenis karbida *tungsten* yang dilapis (satu atau beberapa lapisan karbida, nitrida, atau oksida lain yang lebih rapuh tetapi *hot hardness*nya tinggi).

Beberapa sifat yang harus dimiliki pahat sebagai berikut.

1. Kekerasan

Material pahat haruslah dipilih yang lebih keras dari material benda kerja agar dapat menyayat benda kerja sesuai yang diinginkan. Dengan berkembangnya ilmu material, pemilihan pahat dengan tingkat kekerasan tertentu dapat dilakukan dengan mudah disesuaikan dengan material benda kerja yang akan dikerjakan. Pada umumnya tingkat kekerasan material akan bertolak belakang dengan tingkat kelenturan atau keuletannya, yang juga merupakan sifat pahat yang dibutuhkan untuk menjadi alat potong yang baik. Sehingga pemilihan material pahat yang digunakan juga harus mempertimbangkan proses pemotongan yang berlangsung akan terjadi beban kejut pada saat awal pemotongan benda kerja.

2. Keuletan

Sifat ulet dari material pahat diperlukan terutama untuk mengurangi dampak adanya beban kejut serta getaran yang mungkin muncul pada saat proses pemotongan benda kerja. Sifat ulet ini menyebabkan pahat mampu untuk mengalami defleksi yang bersifat elastis. Sifat ulet dan keras dari suatu material saling bertolak belakang, semakin ulet maka material akan semakin lunak. Pahat insert yang terbuat dari karbida mempunyai nilai kekerasan yang tinggi sehingga kemampuan untuk menahan beban kejut pada saat awal pemotongan rendah. Sedangkan *tool holder* pahat *insert* terbuat dari material yang lebih ulet sehingga pahat masih mampu menahan beban kejut.

3. Tahan Panas

Pada proses penyayatan yang dilakukan pahat terhadap benda kerja pasti akan menimbulkan panas yang disebabkan karena gesekan antar kedua material. Besarnya panas yang ditimbulkan secara dominan tergantung dari parameter pemotongan (*cutting speed, feed rate, depth of cut*). Material pahat dapat dikatakan baik apabila mampu

mempertahankan kekerasannya pada suhu tinggi, sehingga meskipun panas yang timbul akibat proses pemotongan tidak akan mempengaruhi kerja dari pahat.

4. Tahan Aus

Sifat lain yang harus dimiliki oleh pahat adalah tahan aus mengingat penampang ujung pahat yang kecil dan runcing akan sangat mudah mengalami keausan. Umur pakai pahat menunjukkan tingkat ketahanan terhadap aus. Sifat tahan aus pada pahat dipengaruhi oleh unsur paduan pahat ataupun pada geometri sudut pahat tersebut. Pahat yang cepat aus akan sangat mengurangi produktifitas karena penggantian pahat atau pengasahan pahat akan membutuhkan waktu yang tidak sebentar, sehingga akan sangat merugikan pada produktifitas proses pembubutan.

2.9 Scanning Electron Microscopy (SEM)

2.9.1 Pengertian SEM

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran $10 - 3000000\times$, *depth of field* 4–0.4 mm dan resolusi sebesar 1–10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011).

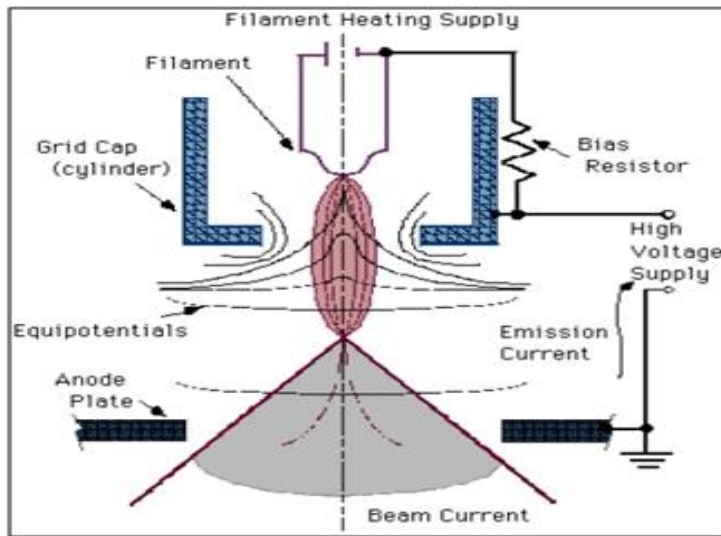
2.9.2 Fungsi SEM

1. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya).
2. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit* (IC) dan *chip*).
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan).
4. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan).

2.9.3 Prinsip Kerja SEM

Prinsip kerja SEM yaitu bermula dari *electron beam* yang dihasilkan oleh sebuah filamen pada *electron gun*. Pada Gambar 2.20 umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai

katoda. Tegangan diberikan kepada lilitan yang mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.



Gambar 2.20 Electron gun
Sumber: Prasetyo (2011)

Kemudian *electron beam* difokuskan ke suatu titik pada permukaan sampel dengan menggunakan dua buah *condenser lens*. *Condenser lens* kedua (atau biasa disebut dengan lensa objektif) memfokuskan *beam* dengan diameter yang sangat kecil, yaitu sekitar 10-20 nm. Hamburan elektron, baik *Secondary Electron* (SE) atau *Back Scattered Electron* (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada layar CRT.

2.10 Hipotesis

Kekasaran permukaan dapat menurun akibat bertambahnya laju aliran *cutting fluid* (minyak kelapa) hal ini terjadi karena semakin besar laju aliran maka *chip* yang terbentuk kontinyu. Laju aliran *cutting fluid* yang semakin bertambah membuat jumlah aliran *cutting fluid* yang kontak dengan benda kerja dan pahat juga semakin banyak, panas yang diserap *cutting fluid* juga semakin banyak sehingga dapat menurunkan temperatur pemotongan. Dengan menurunnya temperatur pemotongan akan membuat kinerja pahat saat proses pemotongan menjadi optimal, kinerja pahat yang optimal membuat *chip* yang terbentuk menjadi kontinyu.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh laju aliran *cutting fluid* (minyak kelapa) terhadap bentuk *chip* dan kekasaran permukaan pada proses *turning* menggunakan metode *Minimum Quantity of Drop Lubrication*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian ini dilakukan tanggal 13-26 Agustus 2018 di beberapa Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, antara lain:

1. Laboratorium Proses Manufaktur 1 : untuk melakukan proses *turning* pada benda kerja.
2. Laboratorium Metrologi Industri : untuk melakukan pengujian kekasaran permukaan benda kerja hasil proses *turning*.
3. Laboratorium Sentral Mesin : untuk melakukan pengujian permukaan pahat dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas adalah variabel yang tidak di pengaruhi oleh variabel lain. Variabel bebas pada penelitian ini adalah laju aliran *cutting fluid*: 0 ml/s, 60 ml/s, 120 ml/s, 192 ml/s
2. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terikat pada penelitian ini adalah:
 - a. Bentuk *chip*
 - b. Kekasaran permukaan
3. Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan selama penelitian. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah:
 - a. Kecepatan spindel (*spindle speed*) : 330 rpm
 - b. Panjang pemakanan : 100 mm

- c. Diameter benda kerja : 22 mm
- d. Kedalaman pemotongan (*depth of cut*): 0,5 mm
- e. *Feed rate* : 0,231 mm/rev
- f. Sudut pahat : 90°

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. *Turning*

Turning pada Gambar 3.1 digunakan untuk pengujian dan pembuatan benda kerja.



Gambar 3.1 *Turning*

Sumber: Laboratorium Proses Manufaktur 1

Spesifikasi:

- a. Merk : Krisbow
 - b. Model : KW15-486
 - c. *Max length work piece* : 310 mm
 - d. *Max swing over cross slide* : 180 mm
 - e. *Range of spindle speed* : 65–1810 rpm
- ##### 2. Pahat karbida

Pahat karbida pada Gambar 3.2 digunakan untuk membubut benda kerja. Tabel 3.1 merupakan komposisi pahat karbida dan Tabel 3.2 *material mechanical properties* dari pahat karbida.



Gambar 3.2 Pahat karbida

Spesifikasi:

- a. Merk : Aeropa
- b. Jenis : CNC turning tools
- c. Tool holder : MCLNR1616H12

Tabel 3.1

Komposisi Pahat Karbida

Ti (%)	Si (%)	Al (%)	N (%)
0,82	0,08	0,14	0,96

Sumber: Carvalho (2004)

Tabel 3.2

Material Mechanical Properties Dari Pahat Karbida

Tool	Thickness (μm)	Hardness (GPa)	Young's Modulus (GPa)
P3	3,7	35+5	3795+8

Sumber: Carvalho (2004)

3. Surface Roughness Tester

Surface roughness tester pada Gambar 3.3 digunakan untuk melakukan pengujian kekasaran permukaan yang terjadi.

Spesifikasi:

- a. Merk : Mitutoyo
- b. Jenis : Roughness tester
- c. Model : SJ 210



Gambar 3.3 Surface Roughness Tester

Sumber: Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

4. Timbangan elektrik

Timbangan elektrik pada Gambar 3.4 digunakan untuk mengukur berat awal pahat sebelum pengujian dan berat akhir pahat setelah pengujian.

Spesifikasi:

- a. Merk : Mettler Toledo
- b. Type : AL 204
- c. Kapasitas : - Max 210 g $e = 0,001$ g
- Min 0,01 g $d = 0,0001$ g



Gambar 3.4 Timbangan elektrik

5. Scanning Electron Mycroscopy (SEM)

SEM pada Gambar 3.5 digunakan untuk melihat struktur dari permukaan mata pahat sisi atas dan mata pahat sisi samping dengan perbesaran 200x.

Spesifikasi:

- a. Merk : Phenom G2 Pro
- b. *Light Optical: Magnification fixed* : 20-120x (Pro-x/Pro)
20x, fixed (Pure)
- c. *Electron Optical: Magnification range*: 80-45.000x, digital zoom: 12x (Pro-x/Pro)
70-15.000x, digital zoom: 12x (Pure)
- d. *Light Optical: Selectable axial and off-axis LEDs*
- e. *Electron Optical: Long lifetime thermionic source (CeB6)*



Gambar 3.5 Scanning Electron Mycroscopy (SEM)

Sumber: Laboratorium Sentral Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Aluminium 6061

Aluminium pada Gambar 3.6 digunakan sebagai spesimen benda kerja.



Gambar 3.6 Aluminium 6061

Komposisi kimia %:

a. Si : 0,4-0,8%	f. Cr : 0,04-0,35 %
b. Fe : Maks. 0,7%	g. Zn : 0,25 %
c. Cu : 0,15-0,4%	h. Ti : 0,15 %
d. Mn : Maks. 0,15%	i. Lain-lain : 00,5 %
e. Mg : 0,8-1,2 %	j. Al : Sisahnya

2. Minyak Kelapa

Minyak kelapa pada Gambar 3.7 digunakan sebagai *cutting fluid* pada pengujian.

Spesifikasi:

a. Merk	: Bali coconut VCO
b. Jenis minyak kelapa	: <i>Virgin Coconut Oil</i> (VCO)
c. Netto	: 1000 ml
d. Bentuk	: Cair

- e. Komposisi : 100% minyak kelapa murni (yang secara alamiah dari alam mengandung 50,06% *Laurid Acid*, 22,26% *Miristic Acid*, 7,54% *Palmtic Acid*, 5,11% *Caprilic Acid*, 6,66 *Capric Acid*, dan 7,23% *Strearic Acid*)

f. *Nutrition facts*

Lemak total : 14 g (22%)

Lemak jenuh : 13 g (65%)

Lemak tak jenuh ganda : < 0,5 g

Lemak tak jenuh tunggal : < 1 g

Lemak trans : 0 g

Kolestrol : 0 g

Karbohidrat : 0 g

Protein : 0 g

Natrium : 0 g

Kalium : 0 g

Vitamin A : 0 g

Vitamin C : 0 g

Kalsium : 0 %

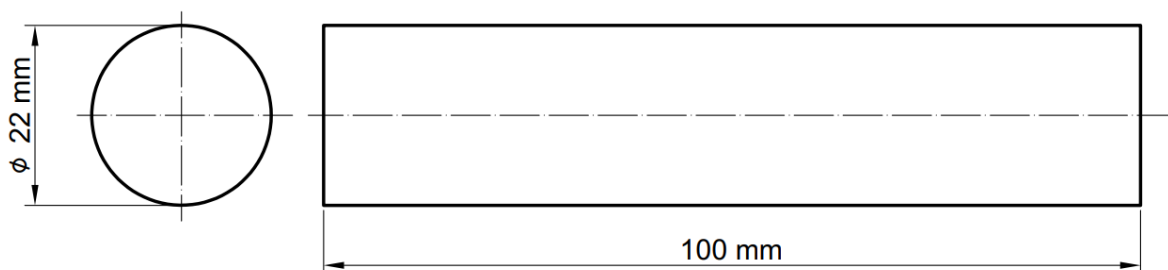
Zat besi : 0 g



Gambar 3.7 Minyak kelapa

3.5 Dimensi Benda Kerja

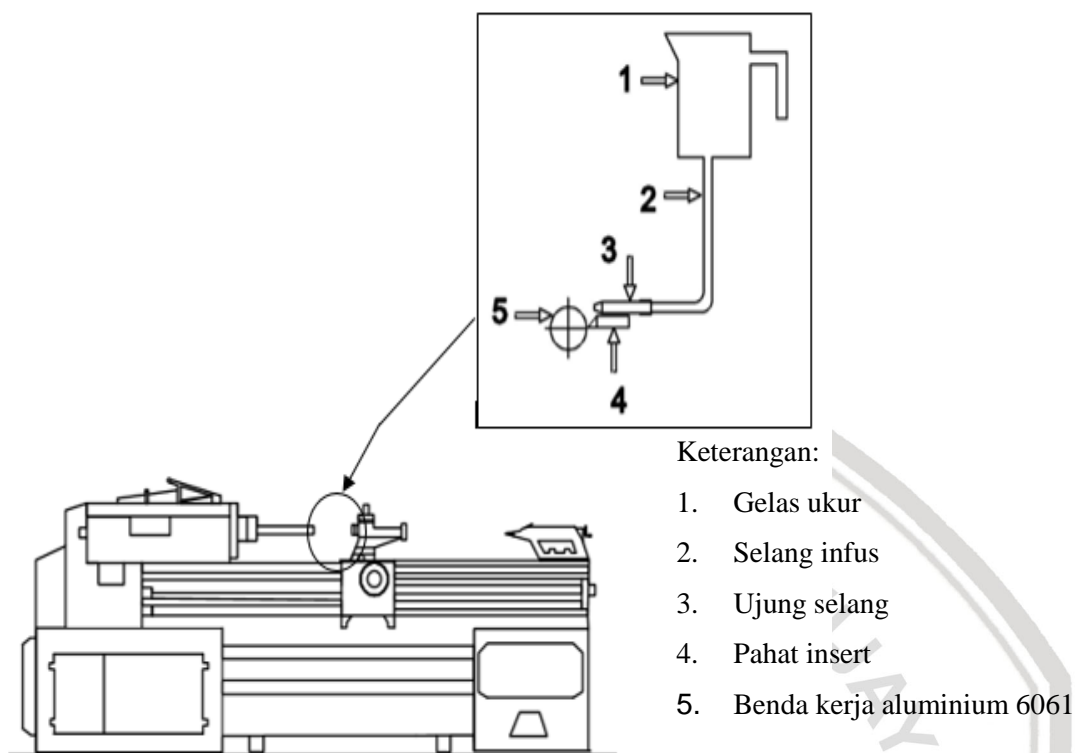
Pada Gambar 3.8 merupakan dimensi benda kerja aluminium 6061 untuk penelitian.



Gambar 3.8 Dimensi benda kerja aluminium 6061

3.6 Skema Penelitian

Pada Gambar 3.9 merupakan skema penelitian.



Gambar 3.9 Skema penelitian

3.7 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menguatkan dalam pengambilan hipotesis serta memperjelas hasil penelitian.

2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk studi terhadap peralatan-peralatan yang diperlukan dalam penelitian.

3. Perancangan Instalasi

Perancangan instalasi dimulai dengan merancang selang infus dan gelas ukur, kemudian menempatkan posisi gelas ukur, dan menempatkan posisi selang infus supaya dekat dengan pahat dan benda kerja.

4. Pembuatan Alat

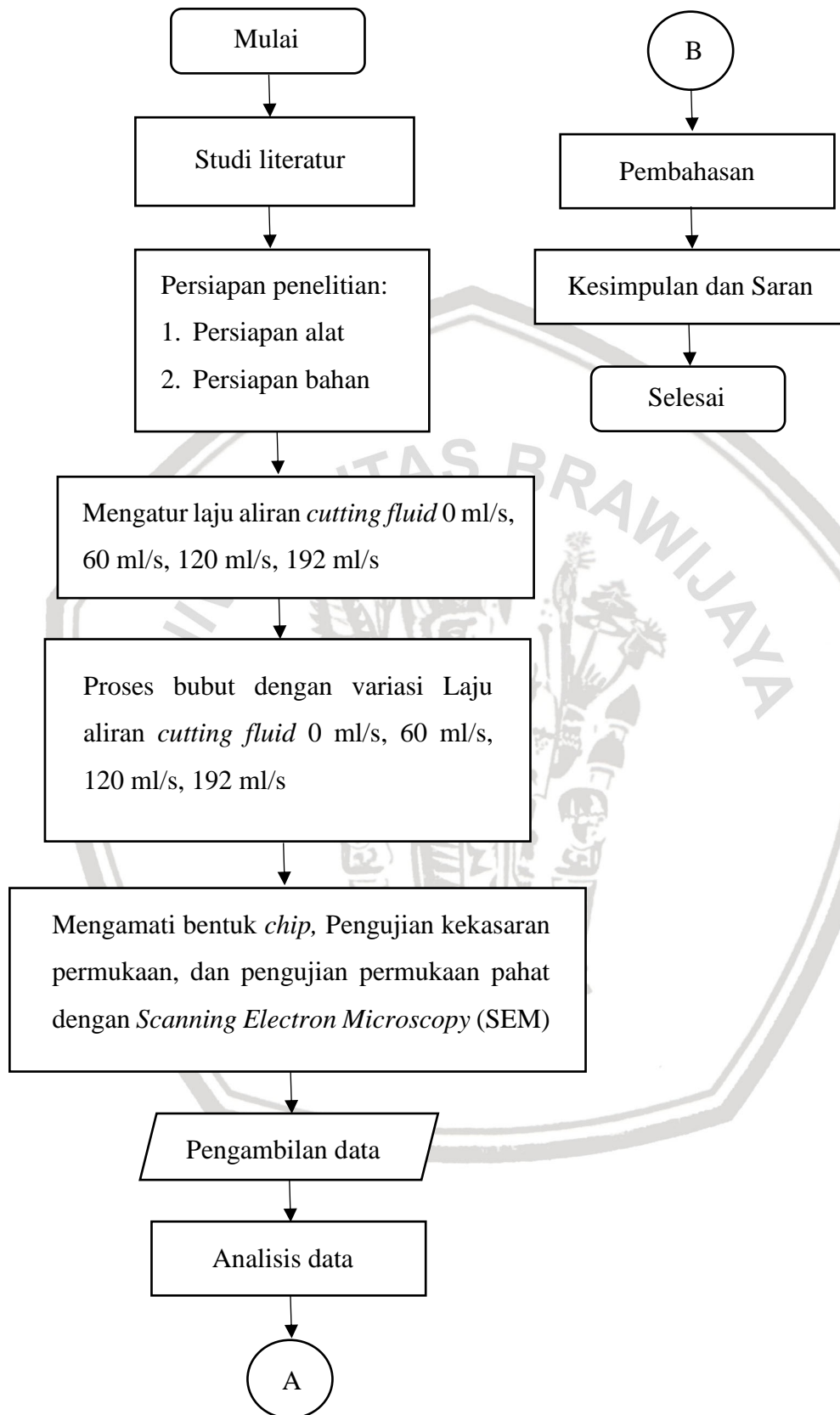
Pembuatan alat dimulai dengan mempersiapkan gelas ukur untuk menampung *cutting fluid*, kemudian selang infus untuk mengatur laju aliran dan proses keluarnya *cutting fluid*.

5. Pelaksanaan Percobaan

- a. Menyiapkan benda kerja aluminium 6061 dengan diameter 22 mm dan panjang 20 cm.
- b. Memasang pahat insert serta benda kerja aluminium 6061 dan menghidupkan mesin Bubut KW15-485
- c. Menentukan letak kedudukan alat yang sesuai supaya nantinya untuk mengukur laju aliran bisa berjalan dengan baik. Dudukan alat merupakan alat pendukung untuk melakukan proses mengalirnya *cutting fluid* secara tetes ke pahat dan benda kerja.
- d. Mekanisme pengukuran laju aliran:
 - 1) Menyiapkan 2 gelas ukur, selang infus, *stopwatch*.
 - 2) Masing-masing gelas ukur digunakan untuk menampung *cutting fluid* dan untuk mengukur keluarnya *cutting fluid*, kemudian selang infus digunakan untuk mengalirkan dan katup infus digunakan untuk mengatur laju aliran *cutting fluid*, dan *stopwatch* digunakan untuk mengukur mengalirnya *cutting fluid* supaya tidak lebih dan tidak kurang dari 1 menit (60 s).
 - 3) Memasang gelas ukur pada kedudukan alat di bagian atas, dan memasang selang infus pada bagian bawah gelas ukur.
 - 4) Menuangkan *cutting fluid* (minyak kelapa) ke gelas ukur dengan volume konstan 250 ml dalam keadaan katup selang infus tertutup.
 - 5) Setelah semua sudah terpasang, laju aliran 0 ml/s, 60 ml/s, 120 ml/s dan 192 ml/s diukur dengan cara membuka katup sedikit-sedikit dan diwaktu menggunakan *stopwatch* selama 1 menit (60 s), kemudian keluarnya *cutting fluid* ditampung di gelas ukur. Jika laju aliran yang diukur tidak sesuai maka kembali ke langkah 4.
 - 6) Kemudian laju aliran yang diukur sudah sesuai ditandai dibagian katup pada selang infus supaya waktu pemotongan benda kerja tidak lupa.
 - 7) Selesai
- e. Mengatur parameter-parameter yang telah ditentukan sesuai variabel terkontrol yang digunakan.
- f. Melakukan proses pemotongan.

- g. Mengambil *chip* hasil pemotongan pada masing-masing laju aliran.
- h. Melakukan proses pengukuran ulang benda kerja aluminium 6061 untuk mengetahui ukuran setelah selesai proses pemotongan.
- i. melakukan pengukuran kekasaran permukaan pada tiap spesimen menggunakan alat *surface roughness tester*.
- j. Mekanisme pengambilan data kekasaran permukaan:
 - 1) Menyiapkan spesimen aluminium 6061 dengan panjang 100 mm dan alat *surface roughness tester*.
 - 2) Setelah semua sudah siap, aluminium yang mau diukur diberi tanda sebanyak 3 titik sepanjang 100 mm. 3 titik tersebut bagian bawah, tengah, dan atas pada aluminium 6061.
 - 3) Kemudian pengambilan data dilakukan dimasing-masing titik yang sudah ditandai.
 - 4) Selesai
- k. Melakukan uji mikrostruktur pada pahat asli, pahat pada kekasaran permukaan paling tinggi, dan pahat pada kekasaran permukaan paling rendah. Tujuannya untuk mengetahui keausan pahat lebih detail dengan membandingkan ketiga macam pahat tersebut menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
- l. Pengambilan dan analisis data serta pembahasan secara kajian pustaka sebagai hasil penelitian.
- m. Memberikan kesimpulan dan saran terhadap hasil penelitian yang didapat.

3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Aluminium 6061

Setelah dilakukan penelitian, maka dilakukan pengambilan data penelitian yaitu kekasaran permukaan aluminium 6061. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

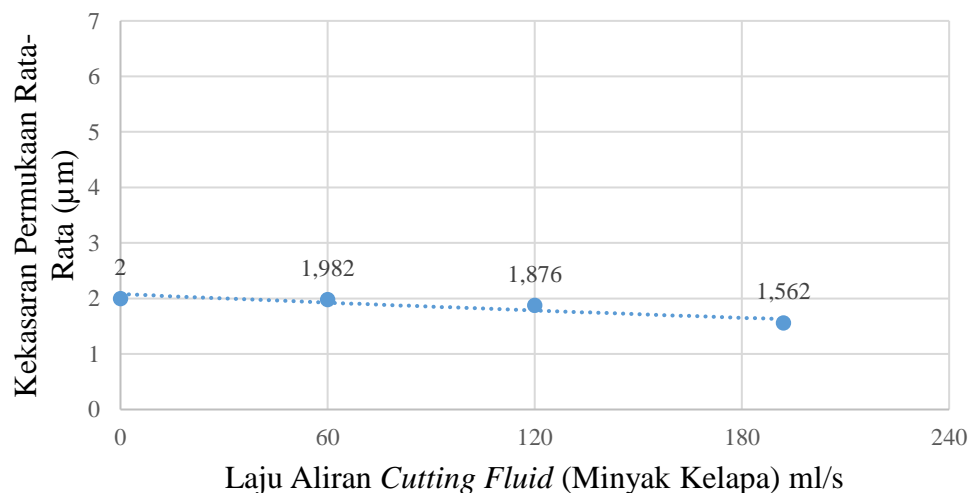
Tabel 4.1

Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Aluminium 6061

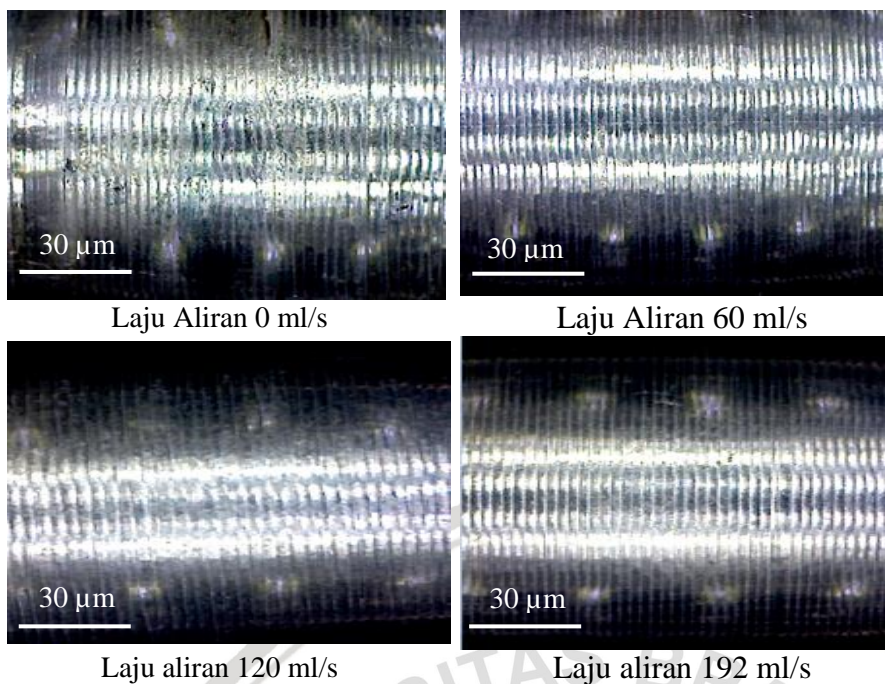
Laju Aliran (ml/s)	Spindle Speed (rpm)	Depth of Cut (mm)	Feed Rate (mm)	Titik	Ra (μm)	Ra Rata-Rata (μm)	Ra Teoritis (μm)	
0	330	0,5	0,231	1	2,182	2	0,4-50	
				2	1,915			
				3	1,903			
60					1	1,799		1,982
				2	2,359			
				3	1,789			
120					1	1,788		1,876
				2	2,036			
				3	1,804			
192					1	1,580		1,562
				2	1,569			
				3	1,539			

4.2 Analisis Grafik dan Pembahasan

4.2.1 Grafik Hubungan Laju Aliran *Cutting Fluid* (Minyak Kelapa) terhadap Kekasaran Permukaan Rata-Rata Aluminium 6061



Gambar 4.1 Grafik hubungan laju aliran *cutting fluid* (minyak kelapa) terhadap kekasaran permukaan rata-rata aluminium 6061



Gambar 4.2 Kekasaran permukaan

Pada Gambar 4.1 merupakan grafik hubungan laju aliran *cutting fluid* (minyak kelapa) terhadap kekasaran permukaan rata-rata pada material aluminium 6061. Nilai kekasaran permukaan pada grafik diatas sudah sesuai dengan harga toleransi kekasaran permukaan pada proses *turning* yaitu $0,4\text{ }\mu\text{m}$ sampai $50\text{ }\mu\text{m}$ (Munadi, 1988).

Menurut Gambar 4.1 grafik nilai kekasaran rata-rata menurun seiring dengan meningkatnya laju aliran hal ini diakibatkan ketika laju aliran semakin besar maka jumlah aliran *cutting fluid* yang kontak antara pahat dengan benda kerja juga semakin banyak, panas yang diserap *cutting fluid* juga semakin banyak sehingga dapat menurunkan temperatur pemotongan. Dengan menurunnya temperatur pemotongan maka kerja pahat akan menjadi optimal, sehingga kekasaran permukaan akan menurun (Muktiwibowo, 2011).

Pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 0 ml/s mempunyai nilai kekasaran rata-rata $2\text{ }\mu\text{m}$. Hal ini diakibatkan karena tidak adanya pelumasan ataupun pendinginan pada area kontak antara pahat dan benda kerja, gesekan yang terjadi menyebabkan kenaikan temperatur yang menyebabkan permukaan benda kerja menjadi kasar. Hasil kekasaran permukaan pada laju aliran *cutting fluid* 0 ml/s dapat dilihat pada Gambar 4.2.





Pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 60 ml/s, 120 ml/s, dan 192 ml/s mempunyai nilai kekasaran rata-rata $1,982\text{ }\mu\text{m}$, $1,876\text{ }\mu\text{m}$, dan $1,562\text{ }\mu\text{m}$. Dari ketiga laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa mempunyai nilai kekasaran permukaan rata-rata dibawah laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 0 ml/s, hal ini disebabkan sudah adanya *cutting fluid* yang dapat melumasi bagian pahat dan benda kerja sehingga dapat menurunkan temperatur ketika

terjadi gesekan sehingga dapat menurunkan kekasaran permukaan. Hasil kekasaran permukaannya dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.3 Bentuk *Chip* dan Keausan Pahat

4.3.1 Bentuk *Chip*

Tabel 4.2
Bentuk *Chip*

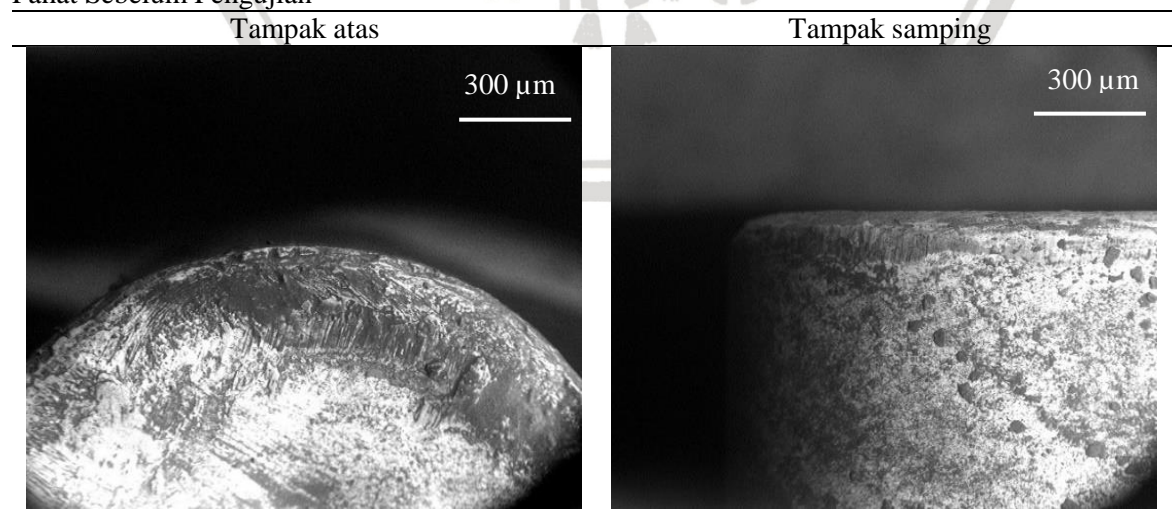
Laju Aliran (ml/s)	Bentuk Potongan <i>Chip</i>	Panjang Total <i>Chip</i> (cm)
0		17
60		25
120		38,5
192		65

Dapat dilihat pada Tabel 4.2 gambar bentuk *chip* dengan laju aliran *cutting fluid* 0 ml/s dan panjang total *chip* 17 cm. Hal tersebut dapat terjadi ketika proses pemotongan benda kerja, temperatur dari pahat semakin tinggi dikarenakan bergesekan dengan benda kerja tersebut. Gesekan dimulai saat terjadi gaya geser dari pahat ketika bergesekan dengan benda kerja, sehingga terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk permanen) pada benda kerja. Pada saat pemotongan gaya potong akan membesar, daerah mata pahat akan mengalami tegangan geser, dengan tidak adanya *cutting fluid* gaya potong akan semakin membesar maka tegangan geser pada bidang tersebut akan melampaui batas elastik sehingga *chip* akan mengalami deformasi plastis (perubahan bentuk permanen) dan akan patah pada titik tersebut.

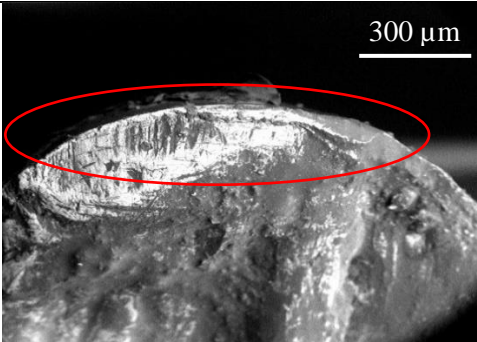
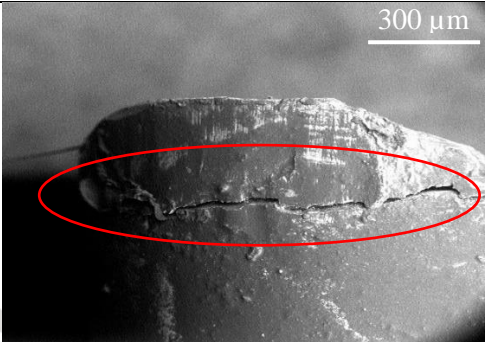
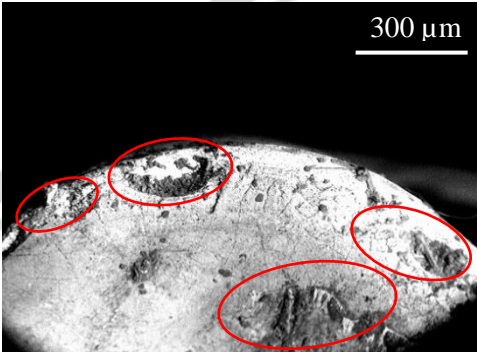
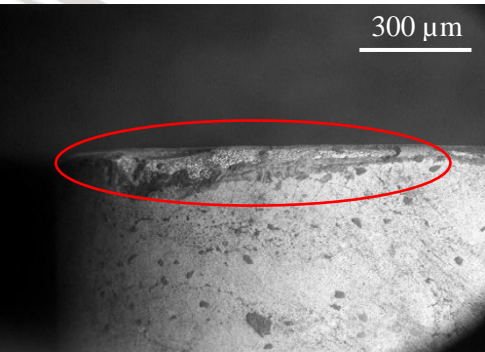
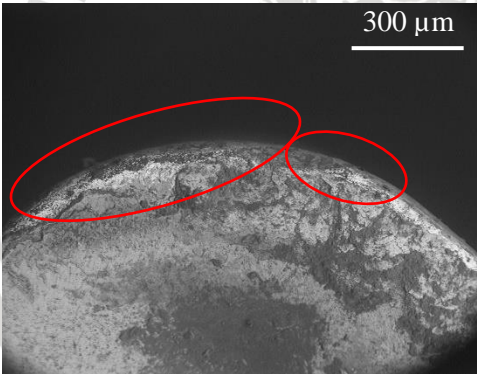
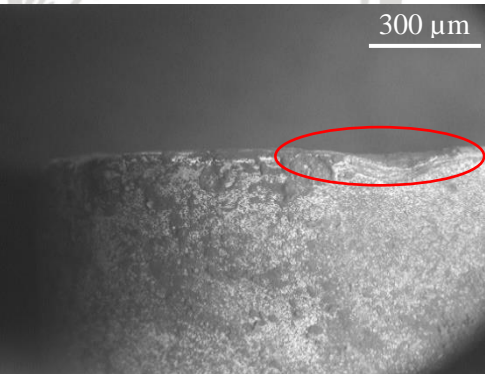
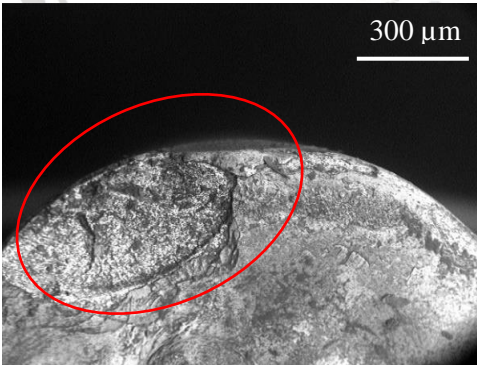
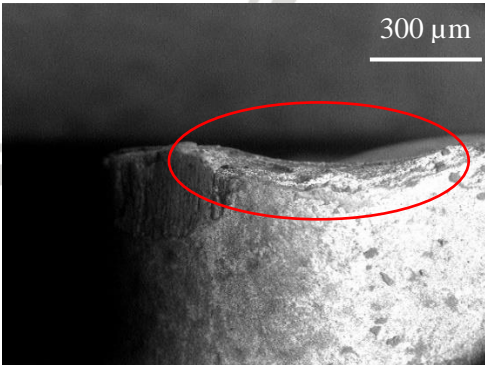
Pada Gambar Tabel 4.2 gambar bentuk *chip* dengan aliran *cutting fluid* 60 ml/s, 120 ml/s, dan 192 ml/s dan panjang total *chip* 25 cm, 38,5 cm, 65 cm. Hal tersebut dapat terjadi ketika proses pemotongan benda kerja, temperatur dari pahat semakin tinggi dikarenakan bergesekan dengan benda kerja tersebut. Gesekan dimulai saat terjadi gaya geser dari pahat ketika bergesekan dengan benda kerja, sehingga terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) pada benda kerja. Pada saat pemotongan gaya potong akan membesar, daerah mata pahat akan mengalami tegangan geser, dengan sudah adanya *cutting fluid* gaya potong akan semakin kecil maka tegangan geser pada bidang tersebut akan semakin lama untuk melampaui batas elastis sehingga *chip* akan lama mengalami deformasi plastis (perubahan bentuk permanen) sehingga semakin lama *chip* untuk patah.

4.3.2 Keausan Pahat

Tabel 4.3
Pahat Sebelum Pengujian



Tabel 4.4
Pahat Setelah Pengujian Dengan Menggunakan Laju Aliran *Cutting Fluid*

Laju aliran (ml/s)	Tampak atas	Tampak samping
0		
60		
120		
192		

Tabel 4.5
Volume Pahat

Laju Aliran <i>Cutting Fluid</i> (ml/s)	Volume awal (V ₀) cm ³	Volume akhir (V ₁) cm ³	Pengurangan volume pahat ($\Delta V = V_0 - V_1$) cm ³
0	0,6277	0,6106	0,0171
60	0,6254	0,6212	0,0042
120	0,6192	0,6155	0,0037
192	0,6050	0,6016	0,0034

Dapat dilihat pada Tabel 4.5 semakin tinggi laju aliran maka keausan pahat akan semakin berkurang. Hal ini terjadi karena ketika proses pemotongan pahat yang bergesekan dengan benda kerja akan menghasilkan panas, dengan semakin tinggi *cutting fluid* maka panas yang diserap *cutting fluid* juga semakin banyak sehingga dapat menurunkan panas ketika pemotongan. Dengan menurunnya panas pada saat pemotongan maka kinerja pahat menjadi optimal, kinerja pahat yang optimal membuat pahat tidak cepat mengalami keausan. Gambar keausan pahat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Dapat dilihat pada Tabel 4.3 gambar pahat sebelum pegujian tidak mengalami keausan ataupun keretakan baik dari bagian mata pahat sisi atas dan bagian mata pahat sisi samping, karena pahat belum digunakan untuk proses pemotongan benda kerja.

Pada Tabel 4.4 gambar pahat dengan laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 0 ml/s pahat mengalami keausan pada bagian mata pahat sisi atas dan retak pada bagian mata pahat sisi samping hal ini disebabkan karena ketika pahat dan benda kerja mengalami gesekan tidak ada *cutting fluid* yang dapat menurunkan panas akibat gesekan dan temperatur pahat akan sangat tinggi sehingga pahat pun cepat mengalami keausan dan benda kerja menjadi kasar.

Kemudian pada Tabel 4.4 gambar pahat dengan laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 60 ml/s, 120 ml/s, dan 192 ml/s pahat mengalami keausan baik dari bagian mata pahat sisi atas maupun bagian mata pahat sisi samping tetapi tidak mengalami keretakan pada sisi keduanya. Hal ini terjadi karena *cutting fluid* bekerja secara menetes per *second* maka dari itu ketika terjadi gesekan *cutting fluid* tidak sepenuhnya melumasi bagian pahat dan benda kerja yang berakibat pahat masih bisa mengalami keausan. Dengan adanya *cutting fluid* dapat melumasi bagian pahat dan benda kerja sehingga dapat menurunkan panas yang timbul akibat gesekan. Dengan adanya *cutting fluid* dapat meningkatkan umur pahat dan dapat meningkatkan kualitas produk pada benda kerja (Widarto, 2008).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Semakin tinggi laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa maka kekasaran permukaan akan menurun dengan bentuk *chip* yang terbentuk cenderung kontinyu dan keausan pahat semakin berkurang. Hal ini terbukti pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 0 ml/s menghasilkan nilai kekasaran permukaan rata-rata tertinggi yaitu sebesar 2 μm dengan bentuk *chip* kontinyu dan panjang 17 cm, permukaan pahatpun mengalami keausan dan keretakan. Sedangkan pada laju aliran *cutting fluid* minyak kelapa 192 ml/s menghasilkan kekasaran permukaan rata-rata terendah yaitu sebesar 1,562 μm dengan bentuk *chip* kontinyu dan panjang 65 cm, permukaan pahat pun hanya mengalami keausan.

5.2 Saran

1. Lebih baiknya penelitian ini yang divariasi parameter-parameter pemotongan pada proses *turning* dengan *cutting fluid* dari minyak kelapa atau jenis *bio cutting fluid* lainnya dengan laju aliran *cutting fluid*nya konstan.
2. Berharap penelitian ini dapat dilakukan lebih lanjut dengan jenis *bio cutting fluid* lainnya agar dapat tahu juga pengaruhnya dan untuk pengaplikasiannya dibidang manufaktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zaenal. 2010. *Mekaniseme Keuasan Pahat pada Proses Pemesinan : Sebuah Tinjauan Pustaka*. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang. Tembalang, Semarang, Indonesia.
- Aravind, A., Joy, ML., & Nair,. K.P. 2015. *Industrial Croops and Products: Lubricant Properties of Biodegradable Rubber Tree Seed (Hevea Brasiliensis Muell. Arg) Oil. Journal of National Institute of Technology*. 74 (2015) 14-19.
- Arifin, Z. I. 2010. *Pengaruh Laju Aliran Media Pendingin Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan pada Proses Pembubutan Baja ST 60*. Universitas Islam Malang.
- ASM Handbook vol.16. 2004. *Machining* . Material Park, OH : ASM Internasional
- Basuki, B & Winarto, W.E. 2014. *Pengaruh Sistem Lubrication dengan Metoda Tetesan Terhadap Keausan Pahat dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja AISI 4340*. Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta, Indonesia.
- Ginting, B. B. 2014. *Study Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Geometri Geram pada Pemesinan Laju Tinggi, Keras, dan Kering*. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan.
- Kalpakjian, Serope. 2009. *Manufacturing and Engineering and Technology*. Illinois: Addison Wesley Publishing Co.
- Klocke, Fritz. (2011). *Manufacturing Prosesess I*. German: Aachen
- Krishna, Gopala, A.G., Raj, G., Bhatnagar, S.A., Kumar, P., & Chandra, S. 2010. *Coconut Oil : Chemistry, Production and Its Application*. (Indian Coconut Journal).
- Muktiwibowo, Satrio. 2014. *Pengaruh Depth of Cut dan Variasi Cutting Fluid Terhadap Surface Roughness Aluminium 6061 Hasil pada Proses Turning*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang
- Munadi, Sudji. 1988. *Dasar-Dasar Metrologi Industri*. Jakarta: Proyek Pengembangan LPTK
- Nirwana, Irdoni, Y., Noferi. 2016. *Sintesis Bio-Pelumas Dari Minyak Lembah Ikan Patin Pada Pengaruh Rasio Mol dan Waktu Reaksi*. Jurusan Teknik Kimua, Fakultas Teknik, Universitas Binawidya. Riau, Indonesia. Vol.14.
- Nugraha, S.O & Taharuddin. 2015. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa (Coconut Oil) Dengan Metanol Sebagai Pelarut dan Reaktan Menggunakan Ekstraktor- Transesterifikator*. Lampung: Jurnal Rekayasa Produk dan Proses Kimia. Hal. 11-14

- Nur, I., Safril, & Wahyudi, B. 2008. *Pengaruh Media Pendingin dan Kondisi Pemotongan Logam Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Turning Pada Baja ST 37*. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang. Vol.5, No. 2:1829-8958.
- Panchal, MT., Patel, A., Chauchan, DD., Thomas, M., Patel, JV. 2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews: A Methodological Review On Bio-Lubricants From Vegetable Oil Based Resources*. *Journal of Departement of Industrial Chemistry*, 70(2017), 65-70.
- Prasetyo, Yudi. 2011. *Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Optical Spectroscopy (OES)*. Jakarta : IKPT
- Rindengan, B & Novarianto, H. 2004. *Minyak Kelapa Murni. Pembuatan dan Pemanfaatannya. Seri Agritekno*. Penebar Swadaya, Jakarta. 79 hlm.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Jakarta: Higher Education Development Support Project
- Setiaji, B & Prayugo, S. 2006. *Membuat VCO Berkualitas Tinggi*. Depok: Penebar Swadaya.
- Sumbodo, Wirawan. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Surdia, Tata. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Prandya Paramita
- Tippler, P. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid I*. Jakarta: Erlangga
- Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan Jilid I*. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Sekolah Dasar dan Menengah.